



Attorney Docket No. 03180.0360
Customer Number 22,852

IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

In re Application of:)
)
Satoshi TANAKA et al.) Group Art Unit: 1756
)
Application No.: 10/808,299) Examiner: TBA
)
Filed: March 25, 2004)
)
For: SET OF MASKS, METHOD OF)
GENERATING MASK DATA AND)
METHOD FOR FORMING A)
PATTERN)

**Commissioner for Patents
P.O. Box 1450
Alexandria, VA 22313-1450**

Sir:

CLAIM FOR PRIORITY

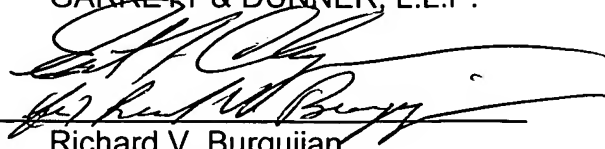
Under the provisions of 35 U.S.C. § 119, Applicants hereby claim the benefit of the filing date of Japanese Patent Application No. 2003-086563, filed March 26, 2003, for the above-identified U.S. patent application.

In support of this claim for priority, enclosed is one certified copy of the priority application.

Respectfully submitted,

FINNEGAN, HENDERSON, FARABOW,
GARRETT & DUNNER, L.L.P.

Dated: August 4, 2004

By: 
Richard V. Burgujian
Reg. No. 31,744

RVB/FPD/cma
Enclosures

ERNEST F. CHAPMAN
Reg. No. 25,961

日本国特許庁
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されて
る事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed
with this Office.

出願年月日 2003年 3月26日
Date of Application:

出願番号 特願2003-086563
Application Number:
[JP 2003-086563]

願人 株式会社東芝
Applicant(s):

BEST AVAILABLE COPY

CERTIFIED COPY OF
PRIORITY DOCUMENT

2004年 1月27日

特許庁長官
Commissioner,
Japan Patent Office

今井康夫



【書類名】 特許願

【整理番号】 APB023059

【提出日】 平成15年 3月26日

【あて先】 特許庁長官殿

【国際特許分類】 G03F 1/08
H01L 21/00

【発明の名称】 マスクのセット、マスクデータ作成方法及びパターン形成方法

【請求項の数】 15

【発明者】

【住所又は居所】 神奈川県横浜市磯子区新杉田町 8 番地 株式会社東芝
横浜事業所内

【氏名】 田中 聡

【発明者】

【住所又は居所】 神奈川県横浜市磯子区新杉田町 8 番地 株式会社東芝
横浜事業所内

【氏名】 橋本 耕治

【特許出願人】

【識別番号】 000003078

【氏名又は名称】 株式会社 東芝

【代理人】

【識別番号】 100083806

【弁理士】

【氏名又は名称】 三好 秀和

【電話番号】 03-3504-3075

【選任した代理人】

【識別番号】 100068342

【弁理士】

【氏名又は名称】 三好 保男

【選任した代理人】

【識別番号】 100100712

【弁理士】

【氏名又は名称】 岩▲崎▼ 幸邦

【選任した代理人】

【識別番号】 100100929

【弁理士】

【氏名又は名称】 川又 澄雄

【選任した代理人】

【識別番号】 100108707

【弁理士】

【氏名又は名称】 中村 友之

【選任した代理人】

【識別番号】 100095500

【弁理士】

【氏名又は名称】 伊藤 正和

【選任した代理人】

【識別番号】 100101247

【弁理士】

【氏名又は名称】 高橋 俊一

【選任した代理人】

【識別番号】 100098327

【弁理士】

【氏名又は名称】 高松 俊雄

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 001982

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1
【物件名】 要約書 1
【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 マスクのセット、マスクデータ作成方法及びパターン形成方法

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 半導体集積回路装置を製造する際に、投影露光装置を介して前記半導体集積回路装置の回路パターンを半導体基板上に転写形成するために用いられるフォトマスクのマスクデータ作成方法であって、

前記回路パターンの前記半導体基板上での所望形状である設計パターンが描かれた設計データを準備するステップと、

前記設計データに対して、予め定められたリサイズ量だけ前記設計パターン部を一様に広げたりサイズデータを作成するステップと、

前記広げられたりサイズデータに対して、予め定められたスペース量と比較して、前記スペース量以下のスペースを形成するリサイズデータのスペース領域を埋めて形成される第 1 マスク作成用データを準備するステップと、

前記第 1 マスク作成用データにマスク合わせ可能なパターンのデータであって、前記スペース領域を前記リサイズ量だけ拡大した領域を選択的に露出する窓部を有する第 2 マスク作成用データを準備するステップ

とを含むことを特徴とするマスクデータ作成方法。

【請求項 2】 前記リサイズ量は、前記投影露光装置によりパターン解像可能な最小線幅と、前記設計データに存在する前記回路パターンの最小設計線幅との差の半値より大であることを特徴とする請求項 1 に記載のマスクデータ作成方法。

【請求項 3】 前記スペース量は、前記投影露光装置によりパターン解像可能な最小スペース幅より大であることを特徴とする請求項 1 に記載のマスクデータ作成方法。

【請求項 4】 前記準備された第 1 及び第 2 マスク作成用データから第 1 及び第 2 マスクデータをそれぞれ作成する際に、前記第 1 及び第 2 マスク作成用データがそれぞれの露光工程後のレジスト形状となるように光近接効果補正を行う工程を含むことを特徴とする請求項 1 又は 2 に記載のマスクデータ作成方法。

【請求項 5】 半導体基板上に被加工膜を形成する工程と、

前記被加工膜上に下地マスク膜を形成する工程と、
前記下地マスク膜上に第1レジスト膜を形成する工程と、
投影露光装置を介してフォトマスク上に形成された回路パターンを投影露光及び現像を行い、前記第1レジスト膜に第1レジストパターンを形成する工程と、
前記第1レジストパターンの線幅より前記下地マスク膜に形成されるパターンの線幅が細くなるように下地マスクパターンを形成する工程と、
前記パターンが形成された下地マスクパターン上に第2レジスト膜を形成する工程と、
前記第2レジスト膜の一部に、前記下地マスクパターンの一部を露出する窓部を有する第2レジストパターンを形成する工程と、
前記第2レジストパターンを用いて前記下地マスクパターンの一部を選択的に除去する工程
とを含むことを特徴とするパターン形成方法。

【請求項6】 前記下地マスクパターンを形成する工程は、
前記第1レジストパターンを細らせてリサイズレジストパターンを形成する工程と、
前記リサイズレジストパターンをマスクとして前記下地マスク膜の一部を選択的に除去する工程と、
前記リサイズレジストパターンを除去する手順
とを含むことを特徴とする請求項5に記載のパターン形成方法。

【請求項7】 前記下地マスクパターンを形成する工程は、
前記第1レジストパターンの線幅を細らせてリサイズレジストパターンを形成すると同時に、前記下地マスク膜の一部を選択的に除去する工程と、
前記リサイズレジストパターンを除去する工程
とを含むことを特徴とする請求項5に記載のパターン形成方法。

【請求項8】 前記下地マスクパターンを形成する工程は、
前記第1レジストパターンをマスクとして前記下地マスク膜の一部を選択的に除去し、前記下地マスク膜のパターンを形成する工程と、
前記第1レジストパターンを除去する工程と、

前記下地マスク膜のパターンを細らせる工程

とを含むことを特徴とする請求項 5 に記載のパターン形成方法。

【請求項 9】 前記一部が選択的に除去された下地マスクパターンをマスクとして前記被加工膜の一部を選択的に除去する工程を更に含むことを特徴とする請求項 5 ～ 8 のいずれか 1 項に記載のパターン形成方法。

【請求項 10】 前記第 2 レジストパターンを形成する工程と、前記下地マスクパターンの一部を選択的に除去する工程との間に、

熱処理により前記第 2 レジストパターンの窓部の寸法を縮小することにより、その間隔を前記投影露光装置が解像可能な最小スペース幅よりも狭くする工程を更に含むことを特徴とする請求項 5 ～ 9 のいずれか 1 項に記載のパターン形成方法。

【請求項 11】 前記第 2 レジストパターンを形成する工程の後に、

前記第 2 レジストパターン上にオーバーコート膜を形成する工程と、

熱処理により前記第 2 レジストパターンの一部と前記オーバーコート膜の一部を混合した混合層を形成する工程

とを前記下地マスクパターンの一部を選択的に除去する工程の前に行うことを特徴とする請求項 5 ～ 10 のいずれか 1 項に記載のパターン形成方法。

【請求項 12】 前記被加工膜を形成する工程と前記下地マスク膜を形成する工程との間に、前記下地マスク膜のエッチング速度よりエッチング速度の大きい補助下地マスク膜を形成する工程を行うことを特徴とする請求項 5 ～ 8, 10 及び 11 のいずれか 1 項に記載のパターン形成方法。

【請求項 13】 前記下地マスクパターンをマスクとして前記補助下地マスク膜の一部を選択的に除去する工程を更に含むことを特徴とする請求項 12 に記載のパターン形成方法。

【請求項 14】 露光後のパターンの線幅を予め定められた量だけ細らせ、投影露光装置が光学的に解像可能な最小線幅より細い線幅の細線部を被露光用基板上に形成するためのマスクのセットであって、

前記細線部を形成するための細線パターンを備える第 1 マスクと、

前記第 1 マスクで形成されたパターンから不要な部分を除くための窓部を有す

る第2マスク

とを含むことを特徴とするマスクのセット。

【請求項15】 前記第1マスクは、前記細線部が平行に走行するパターンを含み、

前記第2マスクは、前記平行に走行する細線部を分離するように形成された窓部を含む

ことを特徴とする請求項14に記載のマスクのセット。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、半導体装置の製造工程で用いられるマスクのセット、マスクデータ作成方法及びパターン形成方法に関し、特に、微細な線幅と微細なスペース幅とを同時に備えたパターンを形成するマスクのセット、マスクデータ作成方法及びパターン形成方法に関する。

【0002】

【従来の技術】

近年、様々な露光技術が導入されることにより、より微細なパターンを形成することが可能となってきた。輪帯照明、4つ目照明等の照明光学系や、ハーフトーン型位相シフトマスク（HTマスク）及び、レベンソン型位相シフトマスク等の露光マスクの使用により、露光波長 λ 、投影露光装置の投影光学系の開口数NAとした時、 λ/NA で規格化された線幅（k1値）が0.5を大きく下回るパターンを解像することが可能となりつつある。

【0003】

近年において、大規模集積回路（LSI）の高集積化に伴い、半導体装置で用いられる回路パターンの微細化が要求されている。例えば、マイクロプロセッシングユニット（MPU）、特定用途向け集積回路（ASIC）やシステムLSI等の半導体装置で用いられるトランジスタでは、100nm以下の線幅が必要となってきた。フォトリソグラフィ技術において、このような微細な線幅を形成する第1の従来技術として、隣り合う開口部の位相差を180度シフトした位

相シフトマスクを使用することが検討されている（例えば、特許文献 1 参照。）
。また、第 2 の従来技術として、レジストパターンを形成後、エッチングを行い
パターンの線幅を細らせる手法が検討されている（例えば、特許文献 2 参照。）
。これらの技術により、微細な線幅を形成することが可能である。

【0 0 0 4】

【特許文献 1】

特開平 9 - 2 3 2 2 3 3 号公報

【0 0 0 5】

【特許文献 2】

特開 2 0 0 2 - 9 0 5 6 号公報

【0 0 0 6】

【発明が解決しようとする課題】

一方、例えばロジック回路等において、S R A M のメモリセル部の面積を減少
させるために、メモリセルのパターンとして、微細な線幅と同時に、微細なス
ペース幅とを備えるパターンを形成することが要求される。微細な線幅と微細なス
ペース幅とを同時に備えたパターンを形成するために、第 1 の従来技術及び第 2
の従来技術を用いることが検討されている。第 1 の従来技術を用いた場合には、
位相シフトマスクでパターン転写後の、レジストパターンの不要部を除去するの
に使用されるトリムマスクを用いて露光する際に、微細なスペース幅を形成する
必要がある。しかし、トリムマスクの解像度は H T マスク使用時に比べて低い
ので、微細なスペース幅を形成することは困難である。また、第 2 の従来技術を用
いれば、例えば、投影露光装置（ステッパ）が光学的に解像可能な最小線幅より
も細い線幅を形成可能である。しかし、フォトリソグラフィ工程後のエッチング
工程において、レジストパターンの線幅を細らせると同時に、スペース幅が拡大
してしまう。このように、投影露光装置が光学的に解像可能な最小線幅よりも細
い線幅と、投影露光装置が光学的に解像可能な最小スペース幅とを同時に備えた
パターンを形成することは困難である。

【0 0 0 7】

上記問題点を鑑み、本発明は、投影露光装置が光学的に解像可能な最小線幅よ

りも細い線幅と、投影露光装置が光学的に解像可能な最小スペース幅とを同時に備えたパターンを形成することができるマスクのセット、マスクデータ作成方法及びパターン形成方法を提供することを目的とする。

【0008】

【課題を解決するための手段】

上記目的を達成するために、本発明の第1の特徴は、半導体集積回路装置を製造する際に、投影露光装置を介して半導体集積回路装置の回路パターンを半導体基板上に転写形成するために用いられるフォトマスクのマスクデータ作成方法であって、(イ) 回路パターンの半導体基板上での所望形状である設計パターンが描かれた設計データを準備するステップと、(ロ) 設計データに対して、予め定められたリサイズ量だけ設計パターンを一様に広げたりサイズデータを作成するステップと、(ハ) 広げられたりサイズデータに対して、予め定められたスペース量と比較して、スペース量以下のスペースを形成するリサイズデータのスペース領域を埋めて形成される第1マスク作成用データを準備するステップと、(ニ) 第1マスク作成用データにマスク合わせ可能なパターンのデータであって、スペース領域をリサイズ量だけ拡大した領域を選択的に露出する窓部を有する第2マスク作成用データを準備するステップとを含むマスクデータ作成方法であることを要旨とする。

【0009】

本発明の第2の特徴は、(イ) 半導体基板上に被加工膜を形成する工程と、(ロ) 被加工膜上に下地マスク膜を形成する工程と、(ハ) 下地マスク膜上に第1レジスト膜を形成する工程と、(ニ) 投影露光装置を介してフォトマスク上に形成された回路パターンを投影露光及び現像を行い、第1レジスト膜に第1レジストパターンを形成する工程と、(ホ) 第1レジストパターンの線幅より下地マスク膜に形成されるパターンの線幅が細くなるように下地マスクパターンを形成する工程と、(ヘ) パターンが形成された下地マスクパターン上に第2レジスト膜を形成する工程と、(ト) 第2レジスト膜の一部に、下地マスクパターンの一部を露出する窓部を有する第2レジストパターンを形成する工程と、(チ) 第2レジストパターンを用いて下地マスクパターンの一部を選択的に除去する工程とを

含むパターン形成方法であることを要旨とする。

【0010】

本発明の第3の特徴は、露光後のパターンの線幅を予め定められた量だけ細らせ、投影露光装置が光学的に解像可能な最小線幅より細い線幅の細線部を被露光用基板上に形成するためのマスクのセットであって、(イ) 細線部を形成するための細線パターンを備える第1マスクと、(ロ) 第1マスクで形成されたパターンから不要な部分を除くための窓部を有する第2マスクとを含むマスクのセットであることを要旨とする。

【0011】

【発明の実施の形態】

以下図面を参照して、本発明の第1～第3の実施の形態を説明する。図面の記載において同一あるいは類似部分には同一あるいは類似な符号を付している。ただし、図面は模式的なものであり、構成要素の厚みと幅との関係、各構成要素の厚みの比率などは現実のものとは異なることに留意すべきである。また、図面の相互間においても互いの寸法の関係や比率が異なる部分が含まれていることは勿論である。

【0012】

(第1の実施の形態)

(マスクのセット)

本発明の第1の実施の形態に係るマスクのセットは、図1に示すような第1マスク10及び、図2に示すような第2マスク20とを含む。第1マスク10及び第2マスク20は、露光後のパターンの線幅を予め定められた量だけ細らせ、フォトリソグラフィ工程で用いるステッパ等の投影露光装置が光学的にパターン解像可能な最小線幅より細い線幅の細線部を被露光用基板上に形成するためのフォトマスクのセットである。

【0013】

第1マスク10は、図1に示すように、第1透明基板10aと、第1透明基板10a上に形成された第1遮光部(回路パターン)11とを備える。第1遮光部11は、図1(b)に示すように、線幅W1でX軸方向に走行するストライプ状

の細線パターン 11a と、細線パターン 11a と Y 軸方向にスペース幅 S1 だけ離間し、X 軸方向に線幅 W1 で平行に走行するストライプ状の細線パターン 11b と、2 本の細線パターン 11a, 11b の両端を挟み互いに接続する一对の接続パターン 12a, 12b とを含み、枠状のパターンを構成している。また、2 本の細線パターン 11a, 11b 及び一对の接続パターン 12a, 12b で囲まれた内側には窓部 15 が構成されている。接続パターン 12a, 12b は、投影露光装置が光学的にパターン解像可能な最小線幅より細い線幅の細線部を被露光用基板上に形成するためのパターンである。接続パターン 12a, 12b が平行に走行しているので、被露光用基板上に形成される細線部も平行に走行するように形成される。

【0014】

更に、第 1 遮光部 11 には露光時における光近接効果 (OPE) を抑制するための光近接効果補正 (OPC) により、一对の接続パターン 12a, 12b の外側の 4 角にそれぞれ設けられた矩形の正の OPC パターン 13a ~ 13d 及び、窓部 15 の X 軸方向の両端にそれぞれ設けられた矩形の抜きパターン (負の OPC パターン) 14a, 14b とが設けられている。正の OPC パターン 13a ~ 13d は、その一部の領域が接続パターン 12a, 12b とそれぞれ重なるように設けられている。正の OPC パターン 13a ~ 13d の接続パターン 12a, 12b と重ならない領域は、接続パターン 12a, 12b の外側の 4 角から突出した L 字状の遮光領域である。一方、負の OPC パターン 14a, 14b は、細線パターン 11a, 11b 及び、接続パターン 12a, 12b の一部と重なるように設けられている。細線パターン 11a, 11b 及び、接続パターン 12a, 12b の領域のうち、負の OPC パターン 14a, 14b と重なる領域がコ字状に抜かれている。コ字状に抜かれた領域及び窓部 15 の内部には、第 1 透明基板 10a が露出している。このように、正の OPC パターン 13a ~ 13d 及び負の OPC パターン 14a, 14b を設けることにより、第 1 マスク 10 のパターンを転写するとき、OPE が抑制され、被露光対象には 2 本の細線パターン 11a, 11b 及び一对の接続パターン 12a, 12b とを含む枠状のパターンが縮小された形状が転写される。なお、第 1 遮光部 11 は、投影露光装置の光学系の

縮小比が $1/5$ 倍（又は $1/4$ 倍）であることから、投影されるパターン寸法の 5 倍（又は 4 倍）に拡大されて設けられている。

【0015】

一方、第2マスク20は、図2に示すように、第2透明基板20aと、第2透明基板20a上に形成された第2遮光部21とを備える。第2遮光部21は、図2(b)に示すように、X軸方向の同一線上に互いに離間して設けられた2つの窓部22a、22b及び、Y軸方向の同一線上に互いに離間し、2つの窓部22a、22bを結ぶ線に対して線対称に設けられた2つの窓部22c、22dとを有する。窓部22a～22dは、第1マスク10で形成されたパターンから不要な部分を除くためのパターンである。2つの窓部22a、22bは互いに同一形状の矩形のパターンである。また、窓部22a、22bのY軸方向に沿った辺の長さはそれぞれ、設計スペース幅S2である。一方、2つの窓部22c、22dは互いに同一形状であり、2つの窓部22c、22dのY軸方向に沿った辺の長さも設計スペース幅S2である。リソグラフィ工程においては、図1に示した接続パターン12a、12bが転写されて被露光用基板上に形成される、互いに平行に走行する細線部が、窓部22c、22dによりそれぞれ分離される。

【0016】

更に、第2遮光部21には、OPCにより4つの矩形の負のOPCパターン23a～23dが設けられている。負のOPCパターン23a、23bは、2つの窓部22a、22bをそれぞれ覆うように重ねられ、Y軸方向に設計スペース幅S2より広い一辺を有する。負のOPCパターン23c、23dは、2つの窓部22c、22dをそれぞれ覆うように重ねられ、X軸方向に設計スペース幅S2より広い一辺を有する。即ち、負のOPCパターン23a～23dが透過パターンとなる。負のOPCパターン23a～23dの内部には、第2透明基板20aがそれぞれ露出する。このように、4つの負のOPCパターン23a～23dを設けることにより、第2マスク20のパターンを縮小転写した際、被露光対象には4つの窓部22a～22dの形状に対応したパターンが転写される。なお、第2遮光部21は、第1遮光部11と同様に、投影されるパターン寸法の 5 倍（又は 4 倍）に拡大されて設けられている。

【0017】

上述した図1に示した第1遮光部11及び、図2に示した第2遮光部21は、図3に示すように互いに合わせられるパターンである。ここで、細線パターン11a、11bは、光学的に解像可能な最小線幅を、投影露光装置の光学系の縮小比（例えば1/5倍）の逆数倍よりも太い線幅W1にリサイズされたパターンである。一方、第2遮光部21の窓部22a、22bは、Y軸方向に設計スペース幅S2で、第1遮光部11の接続パターン12a、12bのそれぞれの中央部と合わせられるパターンである。即ち、窓部22a、22bは、接続パターン12a、12bをY軸方向に2分割する寸法で開口されたパターンである。また、窓部22c、22dは、X軸方向に設計スペース幅S2で、第1遮光部11の細線パターン11a、11bのそれぞれの中央部と合わせられるパターンである。即ち、2つの窓部22c、22dは、被露光基板（半導体基板）上のストライプをX軸方向にそれぞれ分離するための寸法で開口されたパターンである。

【0018】

上述した本発明の第1の実施の形態に係るマスクのセットによれば、投影露光装置が光学的に解像可能な最小線幅よりも細い線幅と、投影露光装置が光学的に解像可能な最小スペース幅とを同時に備えたパターンが形成することができる。本発明の第1の実施の形態に係るマスクのセットを用いたパターン形成方法は後述する。

【0019】

なお、図1に示した第1透明基板10a及び図2に示した第2透明基板20aの材料としては、石英ガラス、ソーダ石灰ガラス、ホウケイ酸ガラス等が使用可能である。また、第1遮光部11及び第2遮光部21の材料としては、クロム（Cr）又はCrと酸化クロム（Cr₂O₃）との複合膜等が使用可能である。

【0020】

また、本発明の第1の実施の形態において、第1遮光部11として枠状のパターンを示したが、細線部を形成するための細線パターン11aを備えていれば特に限定されない。また、被露光用基板上に細線部を形成するための細線パターンとして、ストライプ状の細線パターン11a、11bを示したが、設計線幅を有

していれば、ストライプ状でなくとも構わない。一方、第2遮光部21として、一例として4つの窓部22a～22dを有するパターンを示したが、第2遮光部21の形状は少なくとも窓部22cを有していれば特に限定されない。

【0021】

なお、ここで示した正又は負のOPCパターン13a～13d, 14a, 14b, 23a～23dはあくまでも一例であり、本旨としてウェハ上に形成したい形状を得る為に第1及び第2マスク10, 20上の形状を補正したものを使用するということを述べているに過ぎず、用いる露光プロセス条件により適宜OPC後のパターン形状が変化することは何ら本特許の本旨に反するものではない。

【0022】

(マスクデータ作成方法)

以下、本発明の第1の実施の形態に係るマスクデータ作成方法を、図4及び図5を用いて説明する。本発明の第1の実施の形態に係るマスクデータ作成方法は、半導体集積回路装置等を製造する際に、投影露光装置を介して半導体集積回路装置の回路パターンを半導体基板(被露光用基板)上に転写形成するために用いられる図1及び図2に示した第1及び第2マスク10, 20のマスクデータ作成方法である。なお、本発明の第1の実施の形態に係るマスクデータは、例えば計算機支援設計(CAD)を用いて作成される。

【0023】

(イ) まず、半導体集積回路装置の回路パターンの半導体基板上での所望形状である設計パターンが描かれている図4(a)に示すような設計データ110を準備する。設計データ110は、例えば、互いに線対称(鏡映対称)の関係にある同一形状の4つの設計パターン110a～110dを含む。設計パターン110a～110dは、X軸方向に延びる4本のストライプ状の細線部112a～112dと、4本の細線部112a～112dのX軸方向の外側の端部においてそれぞれ接続されるほぼ正方形の矩形部111a～111dとを含む。2本の細線部112a, 112bは、X軸方向に設計スペース幅S13で互いに離間し、半導体集積回路装置の回路パターンの最小設計線幅W12で同一線上に走行する。また、2本の細線部112c, 112dも、X軸方向に設計スペース幅S13で

互いに離間し、最小設計線幅 $W12$ で同一線上に走行する。細線部 $112a$ と平行に走行する細線部 $112c$ の間の Y 軸方向の距離は、設計スペース幅 $S12$ となる。また、細線部 $112d$ と平行に走行する細線部 $112b$ の間の Y 軸方向の距離も、設計スペース幅 $S12$ となる。矩形部 $111a$ と矩形部 $111c$ の間の Y 軸方向の距離は、設計スペース幅 $S13$ となる。また、矩形部 $111b$ と矩形部 $111d$ の間の Y 軸方向の距離も、設計スペース幅 $S13$ となる。なお、本発明の第1の実施の形態において、設計パターン $110a \sim 110d$ を一例として示すが、設計データ 110 としては、互いに設計スペース幅 $S13$ で離間し且つ最小設計線幅 $W12$ を有するパターンを含んでいれば良い。また、細線部 $112a$, $112b$ は、同一線上に走行する例を示したが、同一線上に走行しなくても良く、例えば Y 軸方向に互いにずれていても構わない。

【0024】

(ロ) 次に、設計データ 110 として描かれた設計パターン $110a \sim 110d$ を予め定められたリサイズ量 D だけ一様に拡大したリサイズパターン $120a \sim 120d$ を含むリサイズデータ 120 を作成する。リサイズ量 D は、フォトリソグラフィ工程で用いる投影露光装置が光学的にパターン解像可能な最小線幅を $Wmin$ として、以下に示す式 (1) により決定される。

【0025】

$$D \geq (Wmin - W12) / 2 \quad \dots\dots (1)$$

即ち、リサイズ量 D としては、投影露光装置によりパターン解像可能な最小線幅 $Wmin$ と、設計データ 110 に存在する回路パターンの最小設計線幅 $W12$ との差の半値より大である。そして、図4 (b) に示すように、4つのリサイズパターン $120a \sim 120d$ は、互いに同一形状であり、且つ線対称の関係にある。リサイズパターン $120a \sim 120d$ は、 X 軸方向に走行する4本のストライプ状の細線部 $122a \sim 122d$ と、細線部 $122a \sim 122d$ の X 軸方向の外側の端部においてそれぞれ接続されるほぼ正方形の矩形部 $121a \sim 121d$ とを含む。2つの細線部 $122a$, $122b$ は、スペース幅 $S17$ で互いに離間し、

同一線上に線幅W11で走行する。また、2本の細線部122c, 122dも、スペース幅S17で互いに離間し、線幅W11で同一線上に走行する。細線部122aと平行に走行する細線部122cとの間及び、細線部122bと平行に走行する細線部122dとの間のY軸方向の距離はそれぞれ、スペース幅S11となる。矩形部121aと矩形部121cとの間及び、矩形部121bと矩形部121dとの間のY軸方向の距離は、スペース幅S17となる。

【0026】

(ハ) 次に、リサイズデータ120に対して、予め定められたスペース量と比較して、スペース量以下のスペースを形成するリサイズデータ120のスペース領域を埋める。ここで、スペース量とは、リソグラフィ工程で用いる投影露光装置によりパターン解像可能な最小スペース幅より大である寸法である。例えば、細線部122a~122d及び、細線部122a~122d間のスペース量以下、のスペース幅、即ち、投影露光装置で光学的に解像可能な最小線幅よりも狭いスペース幅S17を形成するスペース領域123a~123dがそれぞれ埋められる。この結果、図4(c)に示すように、矩形部121a~121d及び、細線部122a~122dをそれぞれ接続して連続パターン131a, 131b及び連続パターン132a, 132bとする第1マスク作成用データ130が準備される。具体的には、細線部122a, 122bの2辺で挟まれたスペース領域123cを埋め、2本の細線部122a, 122bを接続して連続パターン131aとする。また、細線部122c, 122dの2辺で挟まれたスペース領域123dを埋め、2本の細線部122c, 122dを接続して連続パターン131bとする。更に、矩形部121a, 121cの2辺で挟まれたスペース領域123aを埋め、2本の矩形部121a, 121cを接続して連続パターン132aとする。同様に、矩形部121b, 121dの2辺で挟まれたスペース領域123bを埋め、2本の矩形部121b, 121dを接続して連続パターン132bとする。第1マスク作成用データ130は、互いにY軸方向にスペース幅S11だけ離間し、X軸方向に線幅W11で平行に走行する2本の連続パターン131a, 131bと、2本の連続パターン131a, 131bの両端を挟んで互いに接続する一対の連続パターン132a, 132bを含む枠状のパターンとなる。

。2本の連続パターン131a, 131b及び一対の連続パターン132a, 132bで囲まれた内側は、窓部133となる。

【0027】

(二) ここで、準備された第1マスク作成用データ130から第1マスクデータを作成する際、第1マスク作成用データ130が露光工程後のレジスト形状となるように、第1マスク作成用データ130に対してOPCが行われる。この結果、図4(d)に示すように、矩形の正のOPCパターン143a~143d及び、矩形の負のOPCパターン144a, 144bが付加された第1マスクデータ140が作成される。正のOPCパターン143a~143dは、連続パターン132a, 132bの外側の4角に、連続パターン132a, 132bと一部が重なるようにそれぞれ設けられる。また、負のOPCパターン144a, 144bは、窓部133のX軸方向の両端に、その一部の領域が2本の連続パターン131a, 131b及び連続パターン132a, 132bとコ字状に重なるようにそれぞれ設けられる。

【0028】

(ホ) 一方、図5(a)に示すように、図4(b)に示したスペース領域123a~123dをリサイズ量Dだけ拡大した領域を選択的に露出する4つの窓部151a~151dを有する第2マスク作成用データ150を準備する。第2マスク作成用データ150は、図4(c)に示した第1マスク作成用データ130にマスク合わせ可能なパターンのデータである。2つの窓部151a, 151bは、スペース領域123a, 123bの位置において、設計スペース幅S13の長さの部分の連続パターン131a, 131bを選択的に露出する。2つの窓部151c, 151dも、スペース領域123c, 123dの位置において、設計スペース幅S13の長さの部分の連続パターン131a, 131bを選択的に露出する。

【0029】

(ヘ) 次に、準備された図5(a)に示した第2マスク作成用データ150から第2マスクデータを作成する際、第2マスク作成用データ150が露光工程後のレジスト形状となるように、第2マスク作成用データ150に対してもOPC

を適用する。この結果、図5 (b) に示すように、窓部151a, 151bを覆うような負のOPCパターン161a, 161b及び、窓部151c, 151dを覆うような負のOPCパターン161c, 161dが付加された第2マスクデータ160が作成される。

【0030】

上述した、本発明の第1の実施の形態に係るマスクデータ作成方法で作成した第1マスクデータ140及び、第2マスクデータ160を、電子ビーム (EB) 描画装置等のパターンジェネレータ用のデータにそれぞれ変換する。そして、変換した第1マスクデータ140及び第2マスクデータ160に基づき、パターンジェネレータを用いて、図1に示した第1マスク10及び、図2に示した第2マスク20が実現可能となる。

【0031】

(パターン形成方法)

以下、本発明の第1の実施の形態に係るパターン形成方法を、図6～図12を用いて説明する。

【0032】

(イ) まず、 n^+ 型単結晶シリコンウェハを用意する。そして、この n^+ 型単結晶シリコンウェハの表面に、図示を省略したフィールド酸化膜で周辺を画定したデバイス領域 (活性領域) を形成する。このデバイス領域内に、イオン注入等により、図示を省略した複数の n 型半導体領域及び p 型半導体領域を形成する。この結果、図6に示す半導体基板31が用意される。次に、半導体基板31上に厚さ3～300nm程度のゲート酸化膜 (第1絶縁膜) 31aを形成する。トンネルゲート酸化膜にするなら、第1絶縁膜は1.5nm程度でも良い。そして、化学気相成長法 (CVD法) 等を用いて、第1絶縁膜31a上に、ポリシリコン等の被加工膜32を形成する。引き続き、CVD法等により、被加工膜32上に下地マスク膜 (第2絶縁膜) 33を形成する。その後、下地マスク膜33上に第1レジスト膜34をスピン塗布する。なお、下地マスク膜33は、被加工膜32がポリシリコンであれば、窒化ケイ素 (Si_xN_y) 膜やシリコンオキシナイトライド (SiO_xN_y) 膜等にすればエッチング選択比が確保できる。下地マ

ク膜 33 としては、被加工膜 32 のエッチング速度に対して十分大きなエッチング速度が確保可能である膜であれば、絶縁膜である必要はない。下地マスク膜 33 の厚さは、50～100 nm 程度であることが好ましい。

【0033】

(ロ) 次に、図 1 に示した第 1 マスク 10 を図示を省略した投影露光装置へ装着し、第 1 マスク 10 のパターンを第 1 レジスト膜 34 に例えば 1/5 倍（又は 1/4 倍）に縮小転写する。そして、図 7 に示すように、第 1 レジスト膜 34 を現像して、投影露光装置が光学的に解像可能な最小線幅よりも太い線幅 W_{11} の第 1 レジストパターン 34a を形成する。第 1 レジストパターン 34a、図 7 (b) に示すように、線幅 W_{11} で X 軸方向に走行する細線部 34p と、細線部 34p と Y 軸方向にスペース幅 S_{11} で互いに離間し X 軸方向に平行に走行する細線部 34q と、2 本の細線部 34p、34q の両端をそれぞれ挟んで互いに接続する一対の接続部 34k、34l とを含む枠状のパターンである。2 本の細線部 34p、34q 及び一対の接続部 34k、34l で囲まれた内側には窓部 37 が設けられている。窓部 37 の内部には、下地マスク膜 33 の一部が露出する。

【0034】

(ハ) 次に、図 8 に示すように、第 1 レジストパターン 34a を、酸素のプラズマアッシング法等により $\Delta L_1 (=D)$ だけ細らせ、リサイズレジストパターン 34b を形成する。即ち、第 1 レジストパターン 34a で決まる線幅 W_{11} の細線部 34p、34q を細らせることにより、投影露光装置が光学的に解像可能な最小線幅より細い最小設計線幅 W_{12} の細線部 34r、34s が形成される。リサイズレジストパターン 34b は、図 8 (b) に示すように、スペース幅 S_{12} で互いに離間し、最小設計線幅 W_{12} で互いに X 軸方向に平行に走行する 2 本の細線部 34r、34s と、2 本の細線部 34r、34s の両端を挟んで互いに接続する一対の接続部 34m、34n とを含む枠状のパターンである。2 本の細線部 34r、34s 及び一対の接続部 34m、34n で囲まれた内側には、窓部 37a が設けられている。窓部 37a の内部には、下地マスク膜 33 が露出する。そして、リサイズレジストパターン 34b をエッチングマスクとして、反応性イオンエッチング (RIE) 法等により下地マスク膜 33 の一部を選択的に除去

し、図9 (a) に示すような下地マスクパターン (絶縁膜パターン) 33 a の細線部及び接続部 (図示省略) を形成する。その後、レジスト剥離液 (レジストリムーバ) 等を用いて、リサイズレジストパターン 34 b を除去する。

【0035】

(二) 次に、図9 (b) に示すように、被加工膜 32 及び下地マスクパターン 33 a の表面上に、第2レジスト膜 35 をスピン塗布する。そして、図2 に示した第2マスク 20 を図示を省略した投影露光装置に装着し、第2マスク 20 のパターンを第2レジスト膜 35 に例えば 1/5 倍 (又は 1/4 倍) に縮小転写する。その後、第2レジスト膜 35 を現像して、図10 に示すような第2レジストパターン 35 a を形成する。第2レジストパターン 35 a は、図10 (b) に示すように、X軸方向の同一線上に互いに離間して設けられた2つの窓部 36 a, 36 b と、Y軸方向の同一線上に互いに離間して、2つの窓部 36 a, 36 b を結ぶ線に対して線対称に設けられた2つの窓部 36 c, 36 d とを有する。2つの窓部 36 a, 36 b は、互いに同一形状の矩形のパターンである。2つの窓部は、下地マスクパターン 33 a の接続部 33 k, 33 l の一部に、Y軸方向に目的とする、投影露光装置が光学的に解像可能な最小スペース幅 S13 の長さの接続部 33 k, 33 l を露出する。一方、2つの窓部 36 c, 36 d も、互いに同一形状の矩形のパターンである。2つの窓部 36 c, 36 d は、下地マスクパターン 33 a の細線部 33 r, 33 s の一部に、スペース幅 S13 の長さの細線部を露出する。窓部 36 a ~ 36 d の内部には更に、被加工膜 32 の一部がそれぞれ露出する。

【0036】

(ホ) 次に、第2レジストパターン 35 a をマスクとして、RIE等により下地マスクパターン 33 a の細線部 33 r, 33 s 及び接続部 33 k, 33 l の一部を選択的に除去してそれぞれ2分割する。この結果、図11 (a) に示すように下地マスクパターン (絶縁膜パターン) 33 b が形成される。その後、レジスト剥離液等を用いて第2レジストパターン 35 a を除去する。次に、下地マスクパターン 33 b をマスクとして、RIE法等により被加工膜 32 の一部を選択的に除去して、図11 (b) に示すような4つの被加工膜パターン (回路パターン

) 32a~32d (32c, 32dは図示省略) を形成する。その後、HF等を用いて下地マスクパターン33bを除去して、図12に示すように、4つの被加工膜パターン32a~32dを露出させる。4つの被加工膜パターン32a~32dは、図12(b)に示すように、互いに線対称の関係にある同一形状のパターンである。4つの被加工膜パターン32a~32dは、ストライプ状の4本の細線部39a~39dと、4本の細線部39a~39dのX軸方向の外側の端部においてそれぞれ接続されるほぼ正方形の矩形部38a~38dとを含む。2つの細線部39a, 39cは、最小スペース幅S13で互いに離間し、同一線上に最小設計線幅W12で走行する。また、2つの細線部39b, 39dも、最小スペース幅S13で互いに離間し、同一線上に最小設計線幅W12で走行する。2本の細線部39a, 39bは、互いにY軸方向にスペース幅S12だけ互いに離間し、X軸方向に平行に走行する。同様に、2本の細線部39c, 39dは、Y軸方向にスペース幅S12だけ互いに離間し、X軸方向に平行に走行する。矩形部38aと矩形部38bの間のY軸方向の距離は、最小スペース幅S13となる。また、矩形部38cと矩形部38dの間のY軸方向の距離も、最小スペース幅S13となる。

【0037】

上述したように、本発明の第1の実施の形態に係るパターン形成方法によれば、投影露光装置が光学的に解像可能な最小線幅よりも細い最小設計線幅W12と、投影露光装置が光学的に解像可能な最小スペース幅S13とを同時に備えた被加工膜パターン32a~32dを形成することができる。

【0038】

(第2の実施の形態)

(マスクのセット)

本発明の第2の実施の形態に係るマスクのセットは、図13(a)に示した第1マスク40及び、図13(b)に示すような第2マスク50とを含む。

【0039】

第1マスク40及び第2マスク50は、本発明の第1の実施の形態に係る第1マスク10及び第2マスク20と同様に、露光後のパターンの線幅を予め定めら

れた量だけ細らせ、投影露光装置が光学的に解像可能な最小線幅より細い線幅の細線部を被露光用基板上に形成するためのマスクのセットである。

【0040】

第1マスク40は、図13(a)に示すように、第1透明基板40aと、第1透明基板40a上に形成された第1遮光部41とを備える。第1遮光部41は、線幅W1でX軸方向に走行するストライプ状の細線パターン41aと、細線パターン41aとY軸方向にスペース幅S5だけ離間し、X軸方向に線幅W1で平行に走行するストライプ状の細線パターン41bと、2本の細線パターン41a、41bの両端を挟み、互いに接続する一対の接続パターン42a、42bとを含む枠状のパターンである。また、2本の細線パターン41a、41b及び一対の接続パターン42a、42bで囲まれた内側には窓部15が構成されている。ここで、細線パターン41a、41bのX軸方向の長さが、図1(b)に示した細線パターン11a、11bのX軸方向の長さより短い点と、接続パターン42a、42bのY軸方向の長さが、接続パターン12a、12bのY軸方向の長さより短い点が、本発明の第1の実施の形態と異なる。

【0041】

更に、第1遮光部41には露光時におけるOPEを抑制するためのOPCにより、一対の接続パターン42a、42bの外側の4角にそれぞれ設けられた矩形の正のOPCパターン43a～43d及び、窓部45のX軸方向の両端にそれぞれ設けられた矩形の負のOPCパターン44a、44bとが設けられている。正のOPCパターン43a～43dは、その一部の領域が接続パターン42a、42bとそれぞれ重なるように設けられている。正のOPCパターン43a～43dの接続パターン42a、42bと重ならない領域は、接続パターン42a、42bの外側の4角から突出したL字状の遮光領域である。一方、負のOPCパターン44a、44bは、細線パターン41a、41b及び、接続パターン42a、42bの一部と重なるように設けられている。細線パターン41a、41b及び、接続パターン42a、42bの領域のうち、負のOPCパターン44a、44bと重なる領域がコ字状に抜かれている。コ字状の領域及び窓部45の内部には、第1透明基板40aが露出している。

【0042】

一方、図13(b)に示した第2マスク50は、第2透明基板50aと、第2透明基板50a上に形成された、図13(a)に示した第1マスク40にマスク合わせ可能なマスクパターンである第2遮光部51とを備える。第2遮光部51は、Y軸方向の同一線上に互いに離間して設けられた矩形の窓部52a, 52b及び、X軸方向の同一線上に互いに離間し、2つの窓部52a, 52bを結ぶ線に対して線対称に設けられた2つの窓部52c, 52dとを有する。2つの窓部52a, 52bは、互いに同一形状であり、窓部52a, 52bのX軸方向に沿った辺の長さはスペース幅S2である。また、2つの窓部52c, 52dは、互いに同一形状であり、窓部52c, 52dのY軸方向に沿った辺の長さはスペース幅S2である。ここで、2つの窓部52a, 52bのX軸方向の間隔が、図2(b)に示した窓部22a, 22bの間隔より狭い点、2つの窓部52c, 52dの間隔が、図2(b)に示した窓部22c, 22dの間隔より狭い点が、本発明の第1の実施の形態と異なる。

【0043】

第2遮光部51には、OPCにより4つの矩形の負のOPCパターン53a～53dが更に設けられている。負のOPCパターン53a, 53bは、2つの窓部52a, 52bをそれぞれ覆うように、スペース幅S5より広い一辺をY軸方向に有する。負のOPCパターン53c, 53dは、2つの窓部52c, 52dをそれぞれ覆うように、スペース幅S5より広い一辺をX軸方向に有する。即ち、負のOPCパターン53a～53dの部分が抜かれて、透過パターンとなっている。負のOPCパターン53a～53dの内部には、第2透明基板50aがそれぞれ露出する。このように、4つの負のOPCパターン53a～53dを設けることにより、第2マスク50のパターンを縮小転写した際、被露光対象には4つの窓部52a～52dの形状に対応したパターンが転写される。

【0044】

上述した、図13(a)に示した第1遮光部41及び、図13(b)に示した第2遮光部51は、図13(c)に示すように互いに合わされるパターンである。ここで、細線パターン41a, 41bは、投影露光装置が光学的に解像可能な

最小線幅を、投影露光装置の光学系の縮小比の逆数倍よりも太い線幅 $W1$ にリサイズされたパターンである。窓部 52a, 52b は、Y 軸方向にスペース幅 $S5$ で、接続パターン 42a, 42b のそれぞれの中央部と合わせられるパターンである。即ち、窓部 52a, 52b は、接続パターン 42a, 42b を目的とするスペース幅で 2 分割する寸法で開口されたパターンである。また、窓部 52c, 52d は、X 軸方向にスペース幅 $S5$ で、細線パターン 41a, 41b のそれぞれの中央部と合わせられるパターンである。即ち、窓部 52c, 52d は、被露光基板上的のストライプを目的とするスペース幅で分離するための寸法で開口されたパターンである。

【0045】

以上のような、本発明の第 2 の実施の形態に係るマスクのセットによれば、投影露光装置が光学的に解像可能な最小線幅よりも細い最小設計線幅と、投影露光装置が光学的に解像可能な最小スペース幅よりも狭いスペース幅とを同時に備えたパターンを形成することができる。本発明の第 2 の実施の形態に係るマスクのセットを用いたパターン形成方法は後述する。

【0046】

なお、図 13 (a) に示した第 1 透明基板 40a 及び、図 13 (b) に示した第 2 透明基板 50a の材料としては、石英ガラス、ソーダ石灰ガラス、ホウケイ酸ガラス等が使用可能である。また、第 1 遮光部 41 及び第 2 遮光部 51 の材料としては、Cr 又は Cr と Cr_2O_3 との複合膜等が使用可能である。

【0047】

また、本発明の第 1 ～第 3 の実施の形態では、第 1 及び第 2 の「遮光部」という記載になっているが、昨今のフォトマスク技術として使用されることの多いいわゆるハーフトーン型位相シフトマスク（遮光部分が露光光に対して半透明で且つ、透明基板通過の光と位相が 180 度ずれるような膜構成となっているもの）で使用される半透明膜 ($MoSiO_xN_y$ 、(モリブデン、珪素、酸素、窒素)、 Cr_xO_y) 等であってもなんら差し支えない。

【0048】

また、本発明の第 2 の実施の形態において、第 1 遮光部 41 として一例として

枠状のパターンを示したが、第1遮光部41の形状は被露光用基板上に細線部を形成するための細線パターン41aを備えていれば、特に限定されない。また、被露光用基板上に細線部を形成するための細線パターン41a, 41bとしては、ストライプ状でなくても良い。一方、第2遮光部51として、一例として4つの窓部52a～52dを有するパターンを示したが、第2遮光部51の形状は被露光用基板上に細線部を分離するための窓部52aを有していれば、特に限定されない。

【0049】

なお、本発明の第1～第3の実施の形態では、レジストとして感光していない部分が現像後にパターンとして残るタイプのもの（ポジ型レジスト）を想定した記載となっており、その為パターン部に対応するマスクパターンとして「遮光部」という記載の仕方をとっている。従って、レジストとして感光部が現像後にパターンとして残るタイプのもの（ネガ型レジスト）を想定した場合、上述したマスクパターンの遮光、透光部の関係は当然反転したものを使用することになるが、これは本特許の発明の主旨になんら反しない。

【0050】

（マスクデータ作成方法）

以下、本発明の第2の実施の形態に係るマスクデータ作成方法を、図14及び図15を用いて説明する。本発明の第2の実施の形態に係るマスクデータ作成方法は、半導体集積回路装置等を製造する際に、投影露光装置を介して半導体集積回路装置の回路パターンを半導体基板（被露光用基板）上に転写形成するために用いられるフォトマスクのマスクデータ作成方法である。

【0051】

（イ）まず、図14（a）に示すような設計データ210を準備する。設計データ210には、設計データ110と同様に、被加工膜パターンの半導体基板上での所望形状である互いに線対称（鏡映対称）の関係にある同一形状の4つの設計パターン110a～110dが描かれている。設計パターン110a～110dは、X軸方向に延びる4本のストライプ状の細線部112a～112dと、4本の細線部112a～112dのX軸方向の外側の端部においてそれぞれ接続さ

れるほぼ正方形の矩形部 111a~111d とを含む。2本の細線部 112a, 112b は、X 軸方向に図 4 (a) に示した設計スペース幅 S13 よりも狭い、即ち投影露光装置が光学的に解像可能な最小線幅よりも狭い設計スペース幅 S16 で互いに離間し、最小設計線幅 W12 で同一線上に走行する。また、2本の細線部 112c, 112d も、X 軸方向に設計スペース幅 S16 で互いに離間し、最小設計線幅 W12 で同一線上に走行する。細線部 112a と平行に走行する細線部 112c との間及び、細線部 112d と平行に走行する細線部 112b との間の Y 軸方向の距離は、設計スペース幅 S15 となる。矩形部 111a と矩形部 111c との間及び、矩形部 111b と矩形部 111d との間の Y 軸方向の距離は、設計スペース幅 S16 となる。なお、本発明の第 2 の実施の形態において、設計パターン 110a を一例として示すが、設計データ 210 の形状は、最小設計線幅 W12 を有し、スペース幅 S16 で互いに離間した細線部 112a, 112b を含んでいれば良く、特に限定されない。更に、細線部 112a, 112b も、ストライプ状でなくても良く、互いに同一線上に走行していなくても良い。

【0052】

(ロ) 次に、図 14 (b) に示すように、設計パターン 110a~110d をリサイズ量 D だけ一様に拡大したリサイズパターン 120a~120d を含むリサイズデータ 220 を作成する。4つのリサイズパターン 120a~120d は、互いに同一形状であり、且つ線対称の関係にある。リサイズパターン 120a~120d は、X 軸方向に走行する 4本のストライプ状の細線部 122a~122d と、細線部 122a~122d の X 軸方向の外側の端部においてそれぞれ接続されるほぼ正方形の矩形部 121a~121d とを含む。2つの細線部 122a, 122b は、図 4 (b) に示したスペース幅 S17 よりも狭いスペース幅 S18 で互いに離間し、同一線上に線幅 W11 で走行する。また、2本の細線部 122c, 122d も、スペース幅 S18 で互いに離間し、線幅 W11 で同一線上に走行する。細線部 122a と平行に走行する細線部 122c との間及び、細線部 122b と平行に走行する細線部 122d との間の Y 軸方向の距離は、図 4 (b) に示したスペース幅 S11 よりも狭いスペース幅 S14 となる。矩形部 121a と矩形部 121c との間及び、矩形部 121b と矩形部 121d との間の Y

軸方向の距離は、スペース幅 S18 となる。

【0053】

(ハ) 次に、リサイズデータ 120 に対して、予め定められたスペース量と比較して、スペース量以下のスペース幅 S17 を形成する、図 14 (b) に示したリサイズデータ 120 の細線部 122a ~ 122b の 2 辺でそれぞれ挟まれたスペース領域 123a ~ 123d を埋め、図 14 (c) に示すように、それぞれ連続パターン 231a ~ 231d とする。この結果、連続パターン 231a, 231b 及び連続パターン 232a, 232b とを含む第 1 マスク作成用データ 230 が作成される。第 1 マスク作成用データ 230 は、互いに Y 軸方向にスペース幅 S14 だけ離間し、X 軸方向に線幅 W11 で平行に走行する 2 本の連続パターン 231a, 231b と、2 本の連続パターン 131a, 131b の両端を挟んで互いに接続する一対の連続パターン 232a, 232b とを含む枠状のパターンとなる。2 本の連続パターン 231a, 231b 及び一対の連続パターン 232a, 232b で囲まれた内側は、窓部 233 となる。

【0054】

(ニ) 次に、第 1 マスク作成用データ 230 に対して OPC が行われる。この結果、図 14 (d) に示すように、矩形の正の OPC パターン 243a ~ 243d 及び、矩形の負の OPC パターン 244a, 244b が付加された第 1 マスクデータ 240 を作成する。正の OPC パターン 243a ~ 243d は、連続パターン 232a, 232b の外側の 4 角に、連続パターン 232a, 232b と一部が重なるようにそれぞれ設けられる。また、負の OPC パターン 244a, 244b は、窓部 233 の X 軸方向の両端に、その一部の領域が 2 本の連続パターン 231a, 231b 及び連続パターン 232a, 232b とコ字状に重なるようにそれぞれ設けられる。

【0055】

(ホ) 一方、図 15 (a) に示すように、図 14 (b) に示したスペース領域 123a ~ 123d をリサイズ量 D だけ拡大した 4 つの窓部 251a ~ 251d を有する第 2 マスク作成用データ 250 を作成する。第 2 マスク作成用データ 250 は、第 1 マスク作成用データ 230 にマスク合わせ可能なパターンのデータ

である。2つの窓部251a, 251bは、スペース領域123a, 123bの位置において、設計スペース幅S16の長さの部分の連続パターン131a, 131bを露出するパターンである。また、2つの窓部151c, 151dも、スペース領域123c, 123dの位置において、設計スペース幅S16の長さの部分の連続パターン231a, 231bを露出するパターンである。

【0056】

(へ) 更に、本発明の第2の実施の形態においては、第2マスク作成用データ250に対して、窓部251a~251dをそれぞれ $\Delta D1$ 拡大して、図15(b)に示すように、スペース幅S13の一边をY軸方向に有する窓部261a, 261b及び、スペース幅S13の一边をX軸方向に有する窓部261c, 261dを含む第2マスク作成用データ260を作成する。

【0057】

(ト) 次に、図15(b)に示した第2マスク作成用データ260に対してOPCが行われる。この結果、図15(c)に示すように、窓部261a, 261bをそれぞれ覆うような負のOPCパターン271a, 271b及び、窓部261c, 261dを覆うような負のOPCパターン271c, 271dが付加された第2マスクデータ270を作成する。

【0058】

本発明の第2の実施の形態に係るマスクデータ作成方法において、後述する本発明の第2の実施の形態に係るパターン形成方法におけるオーバーコート法の適用によるプロセス近接効果を予定して、第1マスクデータ240及び第2マスクデータ270に対してそれぞれプロセス近接効果補正を行うことが好ましい。プロセス近接効果補正を行うことにより、オーバーコート法を適用した際のプロセス近接効果、例えば、周辺のパターン環境により生じるスペース幅の縮小量の変動等を防止できる。

【0059】

上述した、本発明の第2の実施の形態に係るマスクデータ作成方法で作成した第1マスクデータ240及び第2マスクデータ270を、EB描画装置等のパターンジェネレータ用のデータにそれぞれ変換する。そして、パターンジェネレー

タを用いて、変換した第1マスクデータ240及び第2マスクデータ270に基づき、図13(a)に示した第1マスク40及び、図13(b)に示した第2マスク50が実現可能となる。

【0060】

(パターン形成方法)

以下、本発明の第2の実施の形態に係るパターン形成方法を、図16～図24を用いて説明する。

【0061】

(イ) まず、本発明の第1の実施の形態と同様に、図16に示す半導体基板31を用意する。次に、半導体基板31上に厚さ3～300nm程度のゲート酸化膜(第1絶縁膜)31aを形成する。トンネルゲート酸化膜にするなら、第1絶縁膜は1.5nm程度でも良い。そして、CVD法等を用いて、第1絶縁膜31a上に、ポリシリコン等の被加工膜32を形成する。引き続き、CVD法等により、被加工膜32上に下地マスク膜(第2絶縁膜)33を形成する。下地マスク膜33は、本発明の第1の実施の形態と同様に、被加工膜32がポリシリコンであれば、 Si_xN_y や SiO_xN_y 膜等にすれば、エッチング選択比が確保できる。下地マスク膜33としては、被加工膜32に対して十分大きなエッチング速度が確保可能である膜であれば、絶縁膜である必要はない。下地マスク膜33の厚さは、50～100nm程度であることが好ましい。更に、下地マスク膜33の表面上に、反射防止膜61を形成する。反射防止膜61により、露光波長での屈折率及び反射係数を調整して、露光光の反射率を抑制できる。反射防止膜61の材料としては、スピン塗布可能な有機系半透明樹脂等が使用されることが多く、または無機系(SiON 、 TiO)材料を使用し、CVD等で形成することも可能である。その後、反射防止膜61上に第1レジスト膜34をスピン塗布する。

【0062】

(ロ) 次に、図13(a)に示した第1マスク40を図示を省略した投影露光装置に装着し、第1マスク40のパターンを第1レジスト膜34に縮小転写する。そして、第1レジスト膜34を現像して、図17に示すように、投影露光装置

が光学的に解像可能な最小線幅よりも太い線幅 $W11$ を有する第1レジストパターン34cを形成する。第1レジストパターン34cは、図17(b)に示すように、Y軸方向にスペース幅 $S14$ で互いに離間し、線幅 $W11$ で互いにX軸方向に平行に走行する2本の細線部34t、34uと、2本の細線部34t、34uの両端を挟み、且つ互いに接続する一対の接続部34i、34jとを含む枠状のパターンである。2本の細線部34t、34u及び一対の接続部34i、34jで囲まれた内側には、窓部37bが設けられている。窓部37bの内部には、下地マスク膜33が露出する。ここで、細線部34t、34uのX軸方向の長さは、図7(b)に示した細線部34p、34qのX軸方向の長さよりも短い。また、接続部34i、34jのY軸方向の長さは、図7(b)に示した接続部34k、34lのY軸方向の長さよりも短い。

【0063】

(ハ) 次に、図18に示すように、RIE等のエッチングをジャストエッチングの時間よりも過剰のエッチング時間行うことにより、第1レジストパターン34cを $\Delta L1$ ($\Delta L1 = D$) だけ細らせると同時に、下地マスク膜33の一部が投影露光装置が光学的に解像可能な最小線幅よりも狭い最小設計線幅 $W12$ となるように選択的に除去する。即ち、第1レジストパターン34cが細った、リサイズレジストパターン34dと同一形状の下地マスクパターン(絶縁膜パターン)33bの細線部がオーバーエッチングにより形成される。なお、リサイズレジストパターン34dと下地マスクパターン33bとは必ずしも完全に一致している必要はなく、下地マスクパターン33bの方が狭くなったアンダーカット部の生じるようなエッチングでも良い。いずれにせよ、オーバーエッチングで下地マスクパターン33bを細くするためには、下地マスク膜33のエッチング速度が、被加工膜32のエッチング速度より10～1000倍程度、望ましくは30～1000倍程度、更に望ましくは100～1000倍程度大きくなるようにRIEのエッチングガスを選択する。なお、反射防止膜61も、リサイズレジストパターン34d及び下地マスクパターン33bと同一形状に細らせて反射防止膜61aとなる。リサイズレジストパターン34dは、図18(b)に示すように、Y軸方向にスペース幅 $S15$ で互いに離間し、X軸方向に投影露光装置が光学的

に解像可能な最小線幅よりも細い最小設計線幅 W_{12} で平行に走行する2本の細線部34v, 34wと、2本の細線部34v, 34wの両端を挟んで互いに接続する一対の接続部34g, 34hとを含む枠状のパターンである。2本の細線部34v, 34w及び一対の接続部34g, 34hで囲まれた内側には、窓部37cが設けられている。窓部37cの内部には、下地マスク膜33が露出する。その後、レジスト剥離液等を用いて、リサイズレジストパターン34d及び反射防止膜61aを除去する。

【0064】

(二) 次に、本発明の第1の実施の形態と同様に、図19に示すように、下地マスクパターン33a及び、露出した被加工膜32の表面上に、第2レジスト膜35をスピン塗布する。次に、図13(b)に示した第2マスク50を図示を省略した投影露光装置へ装着し、第2マスク50のパターンを第2レジスト膜35に縮小転写する。そして、第2レジスト膜35を現像して、図20に示すように、X軸方向の同一線上に互いに離間して設けられた2つの窓部36e, 36f及び、2つの窓部36e, 36fを結ぶ線に対して線対称に、Y軸方向の同一線上に互いに離間して設けられた2つの窓部36g, 36hとを有する第2レジストパターン35bを形成する。2つの窓部36e, 36fは互いに同一形状の矩形のパターンである。また、2つの窓部36e, 36fは、下地マスクパターン33aの接続部33g, 33hの一部に、スペース幅 S_{13} の長さの接続部33g, 33hをそれぞれ露出するパターンである。一方、2つの窓部36g, 36hも互いに同一形状の矩形のパターンである。窓部36g, 36hは、下地マスクパターン33aの細線部33v, 33wの一部に、スペース幅 S_{13} の長さの細線部33v, 33wをそれぞれ露出するパターンである。

【0065】

(ホ) 次に、第2レジストパターン35bに対してオーバーコート法を適用する。まず、図21(a)に示すように、第2レジストパターン35b及び、露出した下地マスクパターン33aの表面上に、水溶性ポリマー等を塗布することにより、オーバーコート膜62を形成する。そして、第2レジストパターン35bが熱的可逆変形を起こす温度より低い温度で熱処理（ベーキング）する。この結

果、図 21 (b) に示すように、水溶性ポリマーが第 2 レジストパターン 35 b から拡散した酸と架橋反応により不溶性に変化して、第 2 レジストパターン 35 b の一部とオーバーコート膜 62 の一部とを混合した混合層 62 a を形成する。その後、水等の溶媒を用いて混合層 62 a 以外の残存したオーバーコート膜 62 b を除去して、図 22 に示すように、矩形の窓部 63 a ~ 63 d を有する混合層 62 a と、窓部 63 a ~ 63 d の内部に下地マスクパターン 33 a とを露出させる。図 22 (b) に示すように、混合層 62 a の窓部 63 a ~ 63 d は、窓部 36 e ~ 36 h より $\Delta L_2 (= \Delta D_1)$ だけ狭い。即ち、窓部 63 a, 63 b は、下地マスクパターン 33 a の接続部 33 g, 33 h の一部に、目的とする投影露光装置が光学的に解像可能な最小線幅よりも狭いスペース幅 S16 の長さの接続部 33 g, 33 h をそれぞれ露出するパターンである。また、窓部 63 c, 63 d も、下地マスクパターン 33 a の細線部 33 v, 33 w の一部に、スペース幅 S16 の長さの細線部 33 v, 33 w をそれぞれ露出する。

【0066】

(へ) 次に、混合層 62 a 及び第 2 レジストパターン 35 b をエッチングマスクとして、RIE 法等により下地マスクパターン 33 a の一部を選択的に除去して、下地マスクパターン 33 a の細線部 33 v, 33 w 及び接続部 33 g, 33 h をそれぞれ 2 分割する。この結果、図 23 (a) に示すような下地マスクパターン (絶縁膜パターン) 33 c を形成する。その後、レジスト剥離液等を用いて、混合層 62 a 及び第 2 レジストパターン 35 b を除去する。次に、下地マスクパターン 33 b をエッチングマスクとして、RIE 法等により被加工膜 32 の一部を選択的に除去して、図 23 (b) に示すように、4 つの被加工膜パターン 32 a ~ 32 d (32 c, 32 d は図示省略) を形成する。その後、HF 等を用いて、図 24 に示すように、下地マスクパターン 33 b を除去する。被加工膜パターン 32 a ~ 32 d は、図 24 (b) に示すように、本発明の第 1 の実施の形態と同様に、目的とするスペース幅 S16 で互いに離間し、最小設計線幅 W12 で走行する細線部 39 a ~ 39 d と、細線部 39 a ~ 39 d の外側の端部においてそれぞれ接続された矩形部 38 a ~ 38 d を有する。

【0067】

このように、本発明の第 2 の実施の形態に係るパターン形成方法によれば、投影露光装置が光学的に解像可能な最小線幅よりも細い最小設計線幅 W_{12} と、投影露光装置が光学的に解像可能な最小スペース幅よりも狭いスペース幅 S_{16} とを同時に備えた被加工膜パターン 3 2 a ~ 3 2 d が形成することができる。

【0068】

(第 3 の実施の形態)

(マスクのセット)

本発明の第 3 の実施の形態に係るマスクのセットは、第 2 の実施の形態と同様に、図 1 3 (a) に示した第 1 マスク 4 0 と、図 1 3 (b) に示した第 2 マスク 5 0 とを含む。第 1 マスク 4 0 及び第 2 マスク 5 0 は、本発明の第 1 の実施の形態に係る第 1 マスク 1 0 及び第 2 マスク 2 0 と同様に、露光後のパターンの線幅を予め定められた量だけ細らせ、投影露光装置が光学的に解像可能な最小線幅よりも細い線幅の細線部を被露光用基板上に形成するためのマスクのセットである。本発明の第 3 の実施の形態に係るマスクのセットは、本発明の第 2 の実施の形態に係るマスクのセットと実質的に同様であるので、重複した説明を省略する。

【0069】

以上のような、本発明の第 3 の実施の形態に係るマスクのセットによれば、本発明の第 2 の実施の形態と同様に、投影露光装置が光学的に解像可能な最小線幅よりも細い線幅と、投影露光装置が光学的に解像可能な最小スペース幅よりも狭いスペース幅とを同時に備えたパターンを形成することができる。本発明の第 2 の実施の形態に係るマスクのセットを用いたパターン形成方法は後述する。

【0070】

(マスクデータ作成方法)

以下、本発明の第 3 の実施の形態に係るマスクデータ作成方法を、図 1 4 及び図 1 5 を用いて説明する。

【0071】

まず、本発明の第 2 の実施の形態と同様に、本発明の所望の設計デザインとして、図 1 4 (a) に示すような設計パターン 1 1 0 a ~ 1 1 0 d を含む設計データ 1 1 0 を準備する。そして、図 4 (b) に示すように、設計パターン 1 1 0 a

～110dをリサイズ量Dだけ一様（等方的）に拡大したリサイズパターン120a～120dを含むリサイズデータ120作成する。次に、図4（c）に示すように、図4（a）に示した矩形部121a～121d間及び、細線部122a～122d間のスペース領域123a～123dをそれぞれ埋め、連続パターン231a, 231b, 232a, 232bとする第1マスク作成用データ230を作成する。その後、第1マスク作成用データ230に対してOPCが行われる。この結果、図14（d）に示すように、矩形の正のOPCパターン243a～243d及び、矩形の負のOPCパターン244a, 244bが付加された第1マスクデータ240を作成する。

【0072】

一方、本発明の第2の実施の形態と同様に、図15（a）に示すように、図4に示したスペース領域123a～123dをリサイズ量Dだけ拡大した4つの窓部251a～251dを有する第2マスク作成用データ250を作成する。第2マスク作成用データ250は、第1マスク作成用データ230にマスク合わせ可能なパターンのデータである。2つの窓部251a, 251bは、スペース領域123a, 123bの位置において、設計スペース幅S6の長さの部分の連続パターン131a, 131bを露出するパターンである。また、2つの窓部151c, 151dも、スペース領域123c, 123dの位置において、設計スペース幅S6の長さの部分の連続パターン231a, 231bを露出するパターンである。更に、第2マスク作成用データ250に対して、窓部251a～251dをそれぞれ ΔD_1 拡大して、図15（b）に示すように、Y軸方向にスペース幅S2の一辺を有する窓部261a, 261b及び、X軸方向に光学的に解像可能な最小線幅であるスペース幅S2の一辺を有する窓部261c, 261dを含む第2マスク作成用データ260を作成する。その後、図15（b）に示した第2マスク作成用データ260に対してOPCが行われる。この結果、図15（c）に示すように、窓部261a, 261bをそれぞれ覆うような負のOPCパターン271a, 271b及び、窓部261c, 261dを覆うような負のOPCパターン271c, 271dが付加された第2マスクデータ270が作成される。本発明の第3の実施の形態に係るパターン形成方法は、本発明の第2の実施の形

態と実質的に同様であるので、重複した説明を省略する。

【0073】

本発明の第3の実施の形態に係るマスクデータ作成方法において、後述する本発明の第3の実施の形態に係るパターン形成方法におけるサーマルフロープロセス（TFプロセス）の適用によるプロセス近接効果を予定して、第1マスクデータ240及び第2マスクデータ270に対してプロセス近接効果補正を行うことが好ましい。プロセス近接効果補正を行うことにより、TFプロセスを適用した際のプロセス近接効果、例えば、周辺のパターン環境により生じるスペース幅の縮小量の変動等を防止できる。

【0074】

上述した、本発明の第3の実施の形態に係るマスクデータ作成方法で作成した第1マスクデータ240及び、第2マスクデータ270を、EB描画装置等のパターンジェネレータ用のデータにそれぞれ変換する。そして、パターンジェネレータを用いて、変換した第1マスクデータ240及び第2マスクデータ270に基づき、図13（a）に示した第1マスク40及び図13（b）に示した第2マスク50が実現可能となる。

【0075】

（パターン形成方法）

以下、本発明の第3の実施の形態に係るパターン形成方法を、図25～図33を用いて説明する。

【0076】

（イ）まず、第1の実施の形態と同様に、図25に示すような半導体基板31を用意する。そして、CVD法等を用いて、半導体基板31上にゲート酸化膜（第1絶縁膜）31a、ポリシリコン等の被加工膜32及び、補助下地マスク膜（第2絶縁膜）91を順に堆積する。補助下地マスク膜91は、この上に堆積する下地マスク膜との関係で選択されるが、例えば窒化膜（Si₃N₄膜）となる。即ち、CVD法等を用いて、補助下地マスク膜91上に、補助下地マスク膜91のエッチング速度よりもエッチング速度が大きい下地マスク膜（第3絶縁膜）33を形成する。補助下地マスク膜91を窒化膜とすれば、下地マスク膜33は、

例えば酸化膜 (SiO_2 膜) が選択可能である。即ち、下地マスク膜 33 のエッチング速度が補助下地マスク膜 91 のエッチング速度より例えば 10~1000 倍程度大きな材料の組み合わせとなるように選ぶ。次に、真空蒸着やスパッタリング等により下地マスク膜 33 の表面上に、第 1 反射防止膜 93 を形成する。第 1 反射防止膜 93 により、露光波長での屈折率及び反射係数を調整して、露光光の反射率を抑制できる。そして、第 1 反射防止膜 93 上に、第 1 レジスト膜 34 をスピン塗布する。その後、真空蒸着やスパッタリング等により、第 1 レジスト膜 34 の表面上に第 2 反射防止膜 95 を形成する。第 2 反射防止膜 95 により、下地マスク膜 33 等の下地の影響による線幅の変動が防止できる。なお、第 1 及び第 2 反射防止膜 93, 95 の材料としては、図 16 に示した反射防止膜 61 と同様に、スピン塗布可能な有機系半透明樹脂等が使用されることが多く、または無機系 (SiON 、 TiO) 材料を使用し、CVD 等で形成することも可能である。

【0077】

(ロ) 次に、図 13 (a) に示した第 1 マスク 40 を図示を省略した投影露光装置へ装着し、第 1 マスク 40 のパターンを、第 2 反射防止膜 95 を介して第 1 レジスト膜 34 に転写する。そして、第 1 レジスト膜 34 を現像して、図 26 (a) に示すように、投影露光装置が光学的に解像可能な最小線幅よりも太い線幅 $W11$ を有する第 1 レジストパターン 34c を形成する。第 1 及び第 2 反射防止膜 93, 95 は、第 1 レジストパターン 34c と同一形状に一部を選択的に除去され、それぞれ第 1 及び第 2 反射防止膜 93a, 95a となる。第 2 反射防止膜 95a は、図 26 (b) に示すように、Y 軸方向にスペース幅 $S14$ で互いに離間し、線幅 $W11$ で X 軸方向に平行に走行する 2 本の細線部 95p, 95q と、2 本の細線部 95p, 95q の両端を挟んで互いに接続する一対の接続部 95k, 95l とを含む枠状のパターンである。2 本の細線部 95p, 95q 及び一対の接続部 95k, 95l で囲まれた内側には、窓部 97 が設けられている。窓部 97 の内部には、下地マスク膜 33 が露出する。

【0078】

(ハ) 次に、第 1 レジストパターン 34c 及び、第 1 及び第 2 反射防止膜 93

a, 95a をエッチングマスクとして、RIE 法等により下地マスク膜 33 の一部を選択的に除去して、図 27 に示すように、下地マスクパターン（絶縁膜パターン）33d を形成する。そして、レジスト剥離液等を用いて、第 1 レジストパターン 34c 及び、第 1 及び第 2 反射防止膜 93a, 95a を除去する。その後、図 28 に示すように、下地マスク膜 33 が酸化膜ならば、HF 等の酸化膜エッチング液を用いてスライトエッチングすることにより下地マスクパターン 33d を ΔL_1 ($\Delta L_1 = D$) だけ細らせて下地マスクパターン 33b を形成する。上述したように、補助下地マスク膜 91 は酸化膜エッチング液にエッチングされない Si₃N₄ 膜等を選んでおけば良い。勿論ウェットエッチングではなくドライエッチングで下地マスク膜 33 をスライトエッチングすることが制御性の点から好ましい。下地マスクパターン 33b は、図 28 (b) に示すように、Y 軸方向にスペース幅 S15 で互いに離間し、X 軸方向に最小設計線幅 W12 で平行に走行する 2 本の細線部 33v, 33w と、2 本の細線部 33v, 33w の両端を挟んで互いに接続する一対の接続部 33g, 33h とを含む枠状のパターンである。2 本の細線部 33v, 33w 及び一対の接続部 33g, 33h で囲まれた内側には窓部 37c が設けられている。窓部 37c の内部には、補助下地マスク膜 91 が露出する。

【0079】

(二) 次に、図 29 に示すように、補助下地マスク膜 91 及び下地マスクパターン 33b の表面上に、第 2 レジスト膜 35 をスピン塗布する。そして、図 13 (b) に示した第 2 マスク 50 を図示を省略した投影露光装置へ装着し、第 2 マスク 50 のパターンを第 2 レジスト膜 35 に縮小転写する。その後、第 2 レジスト膜 35 を現像して、図 30 に示すように、X 軸方向の同一線上に互いに離間して設けられた 2 つの矩形の窓部 36e, 36f 及び、2 つの窓部 36e, 36f を結ぶ線に対して線対称に、Y 軸方向の同一線上に互いに離間して設けられた 2 つの矩形の窓部 36g, 36h とを有する第 2 レジストパターン 35b を形成する。図 30 (b) に示すように、2 つの窓部 36e, 36f は互いに同一形状であり、2 つの窓部 36e, 36f の Y 軸方向に沿った辺の長さはスペース幅 S13 である。また、2 つの窓部 36g, 36h は互いに同一形状であり、窓部 36

g, 36 h の X 軸方向に沿った辺の長さはスペース幅 S 13 である。窓部 36 e ~ 36 h の内部には、下地マスクパターン 33 b の一部及び補助下地マスク膜 91 の一部がそれぞれ露出する。

【0080】

(ホ) 次に、第2レジストパターン 35 b に対して、レジストの熱的可塑変形の性質を利用し、熱処理により第2レジストパターン 35 b を変形させる T F プロセスを適用する。熱処理を行うことにより、図 31 に示すように、窓部 36 e, 36 f を等方的に ΔL_2 ($\Delta L_2 = \Delta D_1$) だけ細らせた Y 軸方向に目的とするスペース幅 S 16 の一边を有する窓部 36 i, 36 j 及び、窓部 36 g, 36 h を等方的に ΔL_2 だけ細らせた窓部 36 k, 36 l とを有する第2レジストパターン 35 c を形成する。目的とするスペース幅 S 16 は、上述したように、投影露光装置が光学的に解像可能な最小スペース幅よりも狭い。なお、T F プロセスによる第2レジストパターン 35 b の窓部 36 e ~ 36 h の縮小率は、熱処理時の温度等により適宜選択可能である。

【0081】

(ヘ) 次に、図 32 (a) に示すように、第2レジストパターン 35 c をエッチングマスクとして、R I E 法等により下地マスクパターン 33 b の一部を選択的に除去して、下地マスクパターン 33 b の細線部 33 r, 33 s 及び接続部 33 g, 33 h をそれぞれ 2 分割する。この結果、下地マスクパターン (絶縁膜パターン) 33 c が形成される。その後、レジスト剥離液等を用いて、第2レジストパターン 35 c を除去する。次に、図 32 (b) に示すように、下地マスクパターン 33 c をエッチングマスクとして、熱リン酸等を用いて補助下地マスク膜 91 の一部を選択的に除去して、補助下地マスクパターン 91 a を形成する。そして、補助下地マスクパターン 91 a 及び下地マスクパターン 33 c とをエッチングマスクとして、R I E 法等により被加工膜 32 の一部を選択的に除去して、4 つの被加工膜パターン 32 a ~ 32 d (32 k, 32 l は図示省略) を形成する。その後、対応するエッチング液を用いて、図 32 に示すように、補助下地マスクパターン 91 a 及び下地マスクパターン 33 c を除去する。被加工膜パターン 32 a ~ 32 d は、図 32 (b) に示すように、本発明の第1及び第2の実施

の形態と同様に、目的とするスペース幅 $S16$ で互いに離間し、最小設計線幅 $W12$ で走行する細線部 $39a \sim 39d$ と、細線部 $39a \sim 39d$ の外側の端部においてそれぞれ接続された矩形部 $38a \sim 38d$ を有する。

【0082】

このように、本発明の第3の実施の形態に係るパターン形成方法によれば、本発明の第2の実施の形態と同様に、投影露光装置が光学的に解像可能な最小線幅よりも細い最小設計線幅 $W12$ と、投影露光装置が光学的に解像可能な最小スペース幅よりも狭いスペース幅 $S16$ とを同時に備えた被加工膜パターン $32a \sim 32d$ が形成することができる。

【0083】

また、本発明の第3の実施の形態に係るパターン形成方法によれば、下地マスク膜 33 の下に、更に補助下地マスク膜 91 を用いているので、補助下地マスク膜 91 と被加工膜 32 とのエッチング選択比が十分確保できない場合についても、補助下地マスク膜 91 をエッチングストップ層として用いて、下地マスク膜 33 をオーバーエッチング（スライトエッチング）することにより、下地マスクパターン $33d$ を細らせることが可能となる。この場合には、下地マスクパターン $33c$ と補助下地マスクパターン $91a$ との2層のマスクを用いて被加工膜 32 を加工することも可能である。

【0084】

（その他の実施の形態）

本発明は、第1～第3の実施の形態によって記載したが、この開示の一部をなす論述及び図面はこの発明を限定するものであると理解すべきではない。この開示から当業者には様々な代替実施の形態、実施例及び運用技術が明らかとなろう。

【0085】

例えば、本発明の第1～第3の実施の形態に係るマスクデータ作成方法において、設計パターン $110a \sim 110d$ を等方的に拡大した場合を示したが、細線部 $112a \sim 112d$ のみ Y 軸方向に拡大しても良い。また、第1～第3の実施の形態に係るパターン形成方法において、第1レジストパターン $34a$ 、 $34c$

を等方的に細らせた場合を示したが、マスクデータ作成方法に応じて、細線部 34 p, 34 q のみ Y 軸方向に細らせても良い。

【0086】

また、本発明の第 1 の実施の形態に係るマスクデータ作成方法において、図 4 (a) に示したように、互いに設計スペース幅 S 13 だけ離間するストライプ状の細線部 112 a ~ 112 d 及び、矩形部 111 a ~ 111 d とを一例として示したが、細線部 112 a ~ 112 d が互いに離間するスペース幅 S 13 と、矩形部 111 a ~ 111 d が互いに離間するスペース幅 S 13 とは、異なる寸法であっても良いのは勿論である。また、図 4 (a) に示すような設計パターン 110 a ~ 110 d を作成したが、設計スペース幅 S 13 で互いに離間し最小設計線幅 W 12 を有する細線部 112 a, 112 b を含めば、設計データの形状や寸法は特に限定されない。

【0087】

また、第 1 及び第 2 の実施の形態に係るパターン形成方法において、被加工膜 32 上に下地マスク膜 33 を形成する例を示したが、本発明の第 3 の実施の形態と同様に、下地マスク膜 33 の下に補助下地マスク膜 91 を用いても良い。また、本発明の第 3 の実施の形態に係るパターン形成方法において、下地マスク膜 33 の下に補助下地マスク膜 91 を用いる例を示したが、用途に応じて、補助下地マスク膜 91 の下に補助下地マスク膜 91 とエッチング選択比が十分確保可能な補助下地マスク膜を更に複数層用いても良い。

【0088】

また、本発明の第 2 及び第 3 の実施の形態に係るパターン形成方法において、TF プロセス後あるいはオーバーコート法を適用する一例を示したが、TF プロセスを適用して第 2 レジストパターン 35 b の窓部を縮小した後に、更にオーバーコート法を組み合わせ適用して、目的とするスペース幅 S 16 の一辺の窓部 63 a ~ 63 d を有する混合層 62 a を形成することも可能である。また、オーバーコート法若しくは TF プロセスを適用することにより、露光後のパターンに対して微細なスペース幅を形成することができるので、第 2 マスク 50 の窓部 52 a ~ 52 d の寸法を大きくでき、リソグラフィマージンを更に得ることも可能

である。

【0089】

また、本発明の第1～第3の実施の形態で示した下地マスク膜33及び、補助下地マスク膜91の材料としては、 Si_xN_y や SiO_xN_y の他にも、シリコンオキサイド(SiO_2)、シリコン水酸化物(SiO_xH_y)、アモルファスシリコン($\alpha\text{-Si}$)、ポリシラン、チタン酸(TiO_2)、窒化チタン(TiN)、タンゲステンシリサイド(WSi)、タンゲステン(W)、電子線照射されたノボラック樹脂及び、紫外線光(UV光)によりキュアされた膜等が使用可能である。

【0090】

このように、本発明はここでは記載していない様々な実施の形態等を含むことは勿論であり、本発明の技術的範囲は上記の説明から妥当な特許請求の範囲に係る発明特定事項によってのみ定められるものである。

【0091】

【発明の効果】

本発明によれば、投影露光装置が光学的に解像可能な最小線幅よりも細い線幅と、投影露光装置が光学的に解像可能な最小スペース幅とを同時に備えたパターンを形成することができるマスクのセット、マスクデータ作成方法及びパターン形成方法を提供できる。

【図面の簡単な説明】

【図1】

図1(a)は、本発明の第1の実施の形態に係る第1マスク10を示す図1(b)のA-A方向に沿った断面図である。図1(b)は、本発明の第1の実施の形態に係る第1マスク10を示す平面図である。

【図2】

図2(a)は、本発明の第1の実施の形態に係る第2マスク20を示す図2(b)のA-A方向に沿った断面図である。図2(b)は、本発明の第1の実施の形態に係る第2マスク20を示す平面図である。

【図3】

本発明の第 1 の実施の形態に係るマスクのセットの第 1 遮光部及び第 2 遮光部の重ね合わせを説明するための平面図である。

【図 4】

本発明の第 1 ～第 3 の実施の形態に係るマスクデータ作成方法を説明するための平面図（その 1）である。

【図 5】

本発明の第 1 の実施の形態に係るマスクデータ作成方法を説明するための平面図である。

【図 6】

本発明の第 1 の実施の形態に係るパターン形成方法を説明するための工程断面図（その 1）である。

【図 7】

図 7（a）は、図 7（b）の A－A 方向に沿った、本発明の第 1 の実施の形態に係るパターン形成方法を説明するための工程断面図（その 2）である。図 7（b）は、本発明の第 1 の実施の形態に係るパターン形成方法を説明するための工程平面図（その 1）である。

【図 8】

図 8（a）は、図 8（b）の A－A 方向に沿った、本発明の第 1 の実施の形態に係るパターン形成方法を説明するための工程断面図（その 3）である。図 8（b）は、本発明の第 1 の実施の形態に係るパターン形成方法を説明するための工程平面図（その 2）である。

【図 9】

本発明の第 1 の実施の形態に係るパターン形成方法を説明するための工程断面図（その 4）である。

【図 10】

図 10（a）は、図 10（b）の B－B 方向に沿った、本発明の第 1 の実施の形態に係るパターン形成方法を説明するための工程断面図（その 5）である。図 10（b）は、本発明の第 1 の実施の形態に係るパターン形成方法を説明するための工程平面図（その 3）である。

【図 1 1】

本発明の第 1 の実施の形態に係るパターン形成方法を説明するための工程断面図（その 6）である。

【図 1 2】

図 1 2（a）は、図 1 2（b）の B-B 方向に沿った、本発明の第 1 の実施の形態に係るパターン形成方法を説明するための工程断面図（その 7）である。図 1 2（b）は、本発明の第 1 の実施の形態に係るパターン形成方法を説明するための工程平面図（その 4）である。

【図 1 3】

図 1 3（a）は、本発明の第 2 及び第 3 の実施の形態に係る第 1 マスク 40 を示す平面図である。図 1 3（b）は、本発明の第 2 及び第 3 の実施の形態に係る第 2 マスク 50 を示す平面図である。図 1 3（c）は、本発明の第 2 及び第 3 の実施の形態に係るマスクのセットの第 1 遮光部及び第 2 遮光部の重ね合わせを説明するための平面図である。

【図 1 4】

本発明の第 2 及び第 3 の実施の形態に係るマスクデータ作成方法を説明するための図（その 1）である。

【図 1 5】

本発明の第 2 及び第 3 の実施の形態に係るマスクデータ作成方法を説明するための図（その 2）である。

【図 1 6】

本発明の第 2 の実施の形態に係るパターン形成方法を説明するための工程断面図（その 1）である。

【図 1 7】

図 1 6（a）は、図 1 7（b）の A-A 方向に沿った、本発明の第 2 の実施の形態に係るパターン形成方法を説明するための工程断面図（その 2）である。図 1 7（b）は、本発明の第 2 の実施の形態に係るパターン形成方法を説明するための工程平面図（その 1）である。

【図 1 8】

図 1 8 (a) は、図 1 8 (b) の A - A 方向に沿った、本発明の第 2 の実施の形態に係るパターン形成方法を説明するための工程断面図（その 3）である。図 1 8 (b) は、本発明の第 2 の実施の形態に係るパターン形成方法を説明するための工程平面図（その 2）である。

【図 1 9】

本発明の第 2 の実施の形態に係るパターン形成方法を説明するための工程断面図（その 4）である。

【図 2 0】

図 2 0 (a) は、図 2 0 (b) の B - B 方向に沿った、本発明の第 2 の実施の形態に係るパターン形成方法を説明するための工程断面図（その 5）である。図 2 0 (b) は、本発明の第 2 の実施の形態に係るパターン形成方法を説明するための工程平面図（その 3）である。

【図 2 1】

本発明の第 2 の実施の形態に係るパターン形成方法を説明するための工程断面図（その 6）である。

【図 2 2】

図 2 2 (a) は、図 2 2 (b) の B - B 方向に沿った、本発明の第 2 の実施の形態に係るパターン形成方法を説明するための工程断面図（その 7）である。図 2 2 (b) は、本発明の第 2 の実施の形態に係るパターン形成方法を説明するための工程平面図（その 4）である。

【図 2 3】

本発明の第 2 の実施の形態に係るパターン形成方法を説明するための工程断面図（その 8）である。

【図 2 4】

図 2 4 (a) は、図 2 4 (b) の B - B 方向に沿った、本発明の第 2 の実施の形態に係るパターン形成方法を説明するための工程断面図（その 9）である。図 2 4 (b) は、本発明の第 2 の実施の形態に係るパターン形成方法を説明するための工程平面図（その 5）である。

【図 2 5】

本発明の第3の実施の形態に係るパターン形成方法を説明するための工程断面図（その1）である。

【図26】

図26（a）は、図26（b）のA-A方向に沿った、本発明の第3の実施の形態に係るパターン形成方法を説明するための工程断面図（その2）である。図26（b）は、本発明の第3の実施の形態に係るパターン形成方法を説明するための工程平面図（その1）である。

【図27】

本発明の第3の実施の形態に係るパターン形成方法を説明するための工程断面図（その3）である。

【図28】

図28（a）は、図28（b）のA-A方向に沿った、本発明の第3の実施の形態に係るパターン形成方法を説明するための工程断面図（その4）である。図28（b）は、本発明の第3の実施の形態に係るパターン形成方法を説明するための工程平面図（その2）である。

【図29】

本発明の第3の実施の形態に係るパターン形成方法を説明するための工程断面図（その5）である。

【図30】

図30（a）は、図30（b）のB-B方向に沿った、本発明の第3の実施の形態に係るパターン形成方法を説明するための工程断面図（その6）である。図30（b）は、本発明の第3の実施の形態に係るパターン形成方法を説明するための工程平面図（その3）である。

【図31】

図31（a）は、図31（b）のB-B方向に沿った、本発明の第3の実施の形態に係るパターン形成方法を説明するための工程断面図（その7）である。図31（b）は、本発明の第3の実施の形態に係るパターン形成方法を説明するための工程平面図（その4）である。

【図32】

本発明の第3の実施の形態に係るパターン形成方法を説明するための工程平面図である（その8）。

【図33】

図33（a）は、図33（b）のB-B方向に沿った、本発明の第3の実施の形態に係るパターン形成方法を説明するための工程断面図（その9）である。図33（b）は、本発明の第3の実施の形態に係るパターン形成方法を説明するための工程平面図（その5）である。

【符号の説明】

- 10…第1マスク
- 10a…第1透明基板
- 11…第1遮光部
- 11a, 11b…細線パターン
- 12a, 12b…接続パターン
- 13a～13d…OPCパターン
- 14a, 14b…OPCパターン
- 15…窓部
- 20…第2マスク
- 20a…第2透明基板
- 21…第2遮光部
- 22a～22d…窓部
- 23a～23d…OPCパターン
- 31…半導体基板
- 31a…第1絶縁膜
- 32…被加工膜
- 32a～32d…被加工膜パターン
- 33…下地マスク膜
- 33a～33d…下地マスクパターン
- 33g, 33h…接続部
- 33k, 33l…接続部

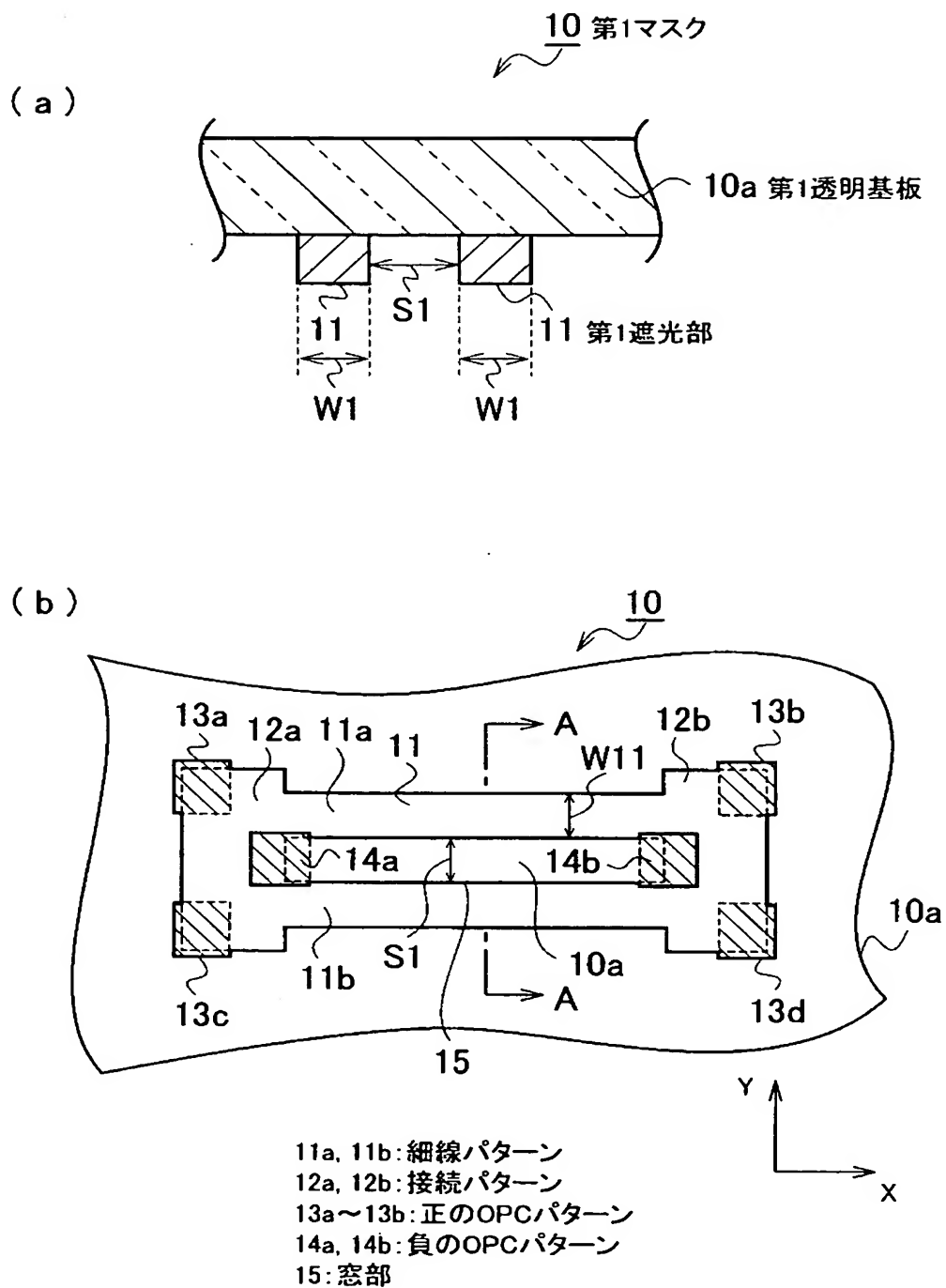
3 3 r, 3 3 s…細線部
3 3 v, 3 3 w…細線部
3 4…第 1 レジスト膜
3 4 a, 3 4 c…第 1 レジストパターン
3 4 b, 3 4 d…リサイズレジストパターン
3 4 g～3 4 n…接続部
3 4 p～3 4 w…細線部
3 5…第 2 レジスト膜
3 5 a～3 5 c…第 2 レジストパターン
3 6 a～3 6 l…窓部
3 7, 3 7 a～3 7 c…窓部
3 8 a～3 8 d…矩形部
3 9 a～3 9 d…細線部
4 0…第 1 マスク
4 0 a…第 1 透明基板
4 1…第 1 遮光部
4 1 a, 4 1 b…細線パターン
4 2 a, 4 2 b…接続パターン
4 3 a～4 3 d…O P C パターン
4 4 a, 4 4 b…O P C パターン
4 5…窓部
5 0…第 2 マスク
5 0 a…第 2 透明基板
5 1…第 2 遮光部
5 2 a～5 2 d…窓部
5 3 a～5 3 d…O P C パターン
5 3 c, 5 3 d…O P C パターン
6 1, 6 1 a…反射防止膜
6 2, 6 2 b…オーバーコート膜

6 2 a…混合層
6 3 a～6 3 d…窓部
9 1…補助下地マスク膜
9 1 a…補助下地マスクパターン
9 3, 9 3 a…第 1 反射防止膜
9 5, 9 5 a…第 2 反射防止膜
9 5 k, 9 5 l…接続部
9 5 p, 9 5 q…細線部
9 7…窓部
1 1 0…設計データ
1 1 0 a～1 1 0 d…細線パターン
1 1 1 a～1 1 1 d…矩形部
1 1 2 a～1 1 2 d…細線部
1 2 0…リサイズデータ
1 2 0 a～1 2 0 d…リサイズパターン
1 2 1 a～1 2 1 d…矩形部
1 2 2 a～1 2 2 d…細線部
1 2 3 a～1 2 3 d…スペース領域
1 3 0…第 1 マスク作成用データ
1 3 1 a, 1 3 1 b…連続パターン
1 3 2 a, 1 3 2 b…連続パターン
1 3 3…窓部
1 4 0…第 1 マスクデータ
1 4 3 a～1 4 3 d…O P C パターン
1 4 4 a, 1 4 4 b…O P C パターン
1 5 0…第 2 マスク作成用データ
1 5 1 a～1 5 1 d…窓部
1 6 0…第 2 マスクデータ
1 6 1 a～1 6 1 d…O P C パターン

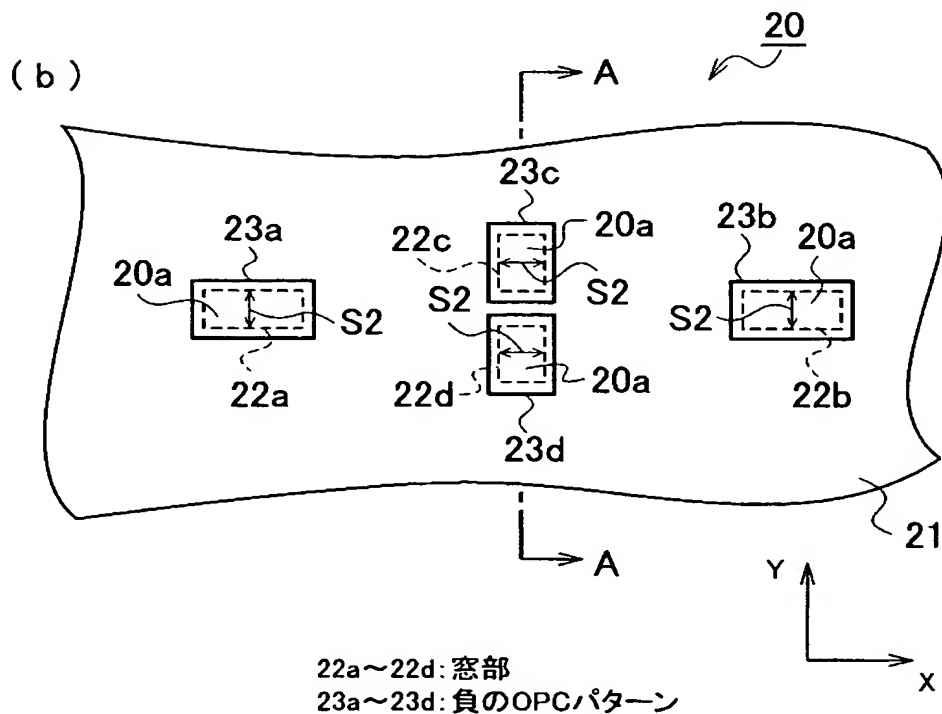
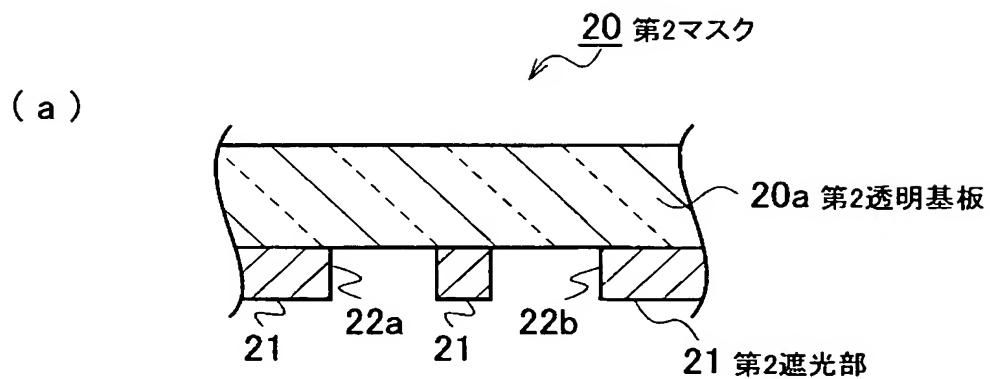
2 1 0 …設計データ
2 2 0 …リサイズデータ
2 3 0 …第 1 マスク作成用データ
2 3 1 a, 2 3 1 b, 2 3 2 a, 2 3 2 b …連続パターン
2 3 3 …窓部
2 4 0 …第 1 マスクデータ
2 4 3 a ~ 2 4 3 d …O P C パターン
2 4 4 a, 2 4 4 b …O P C パターン
2 5 0 …第 2 マスク作成用データ
2 5 1 a ~ 2 5 1 d …窓部
2 6 0 …第 2 マスク作成用データ
2 6 1 a ~ 2 6 1 d …窓部
2 7 0 …第 2 マスクデータ
2 7 1 a ~ 2 7 1 d …O P C パターン

【書類名】 図面

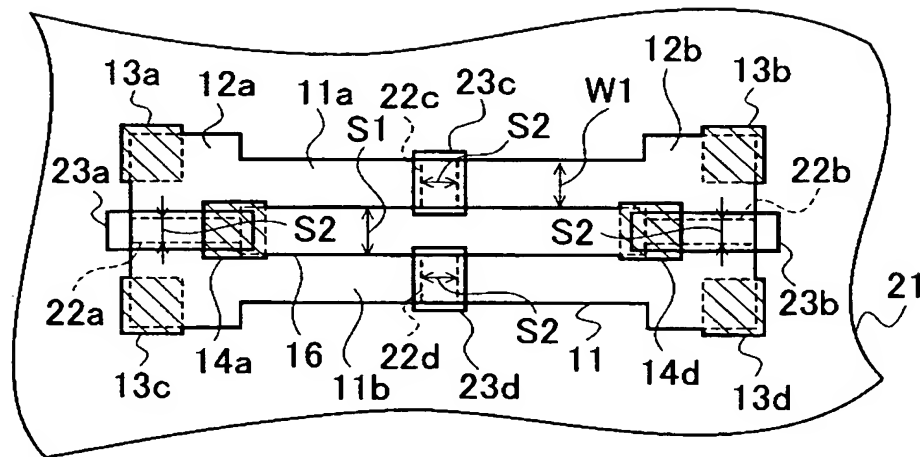
【図 1】



【図 2】

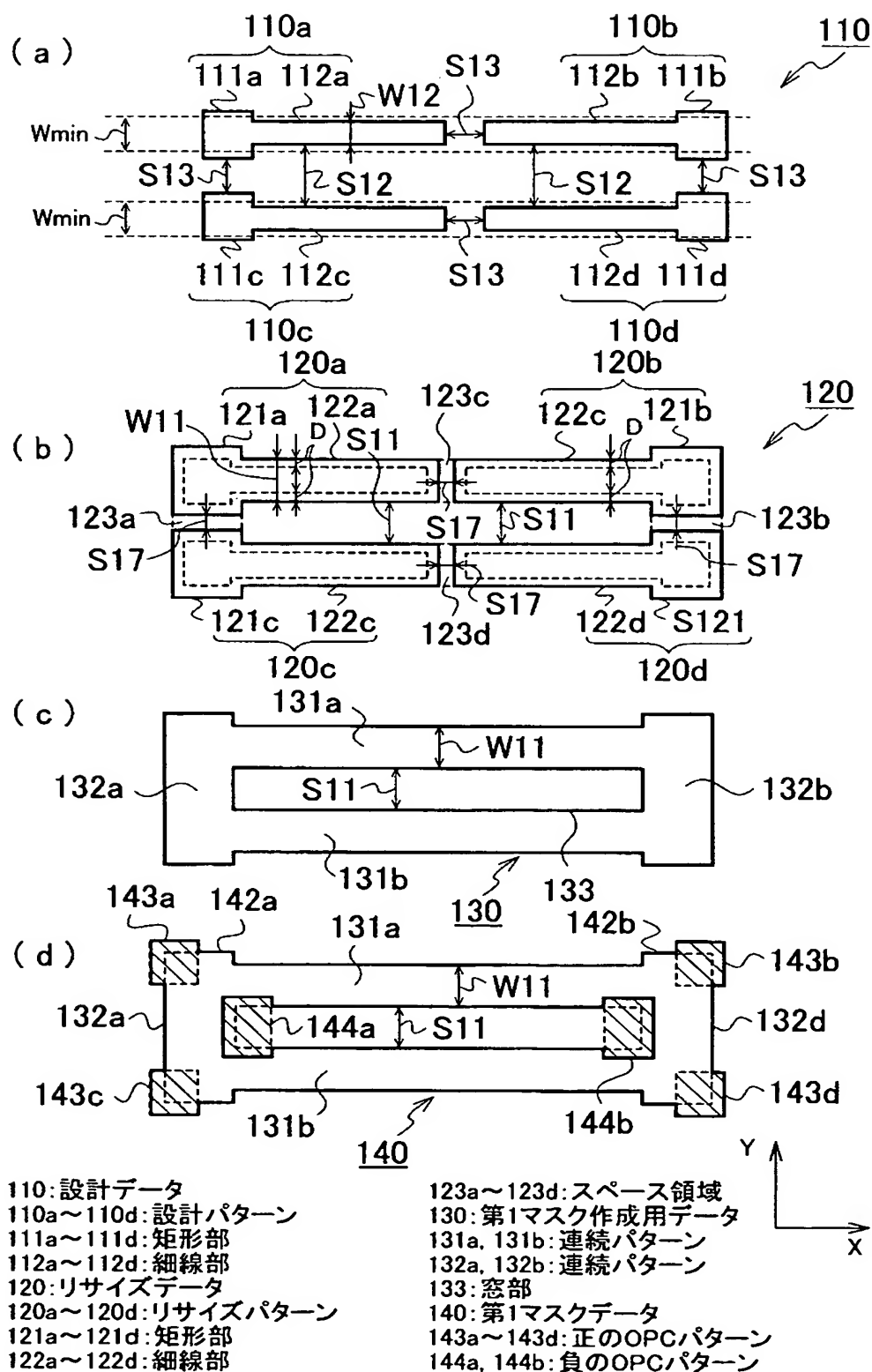


【図 3】



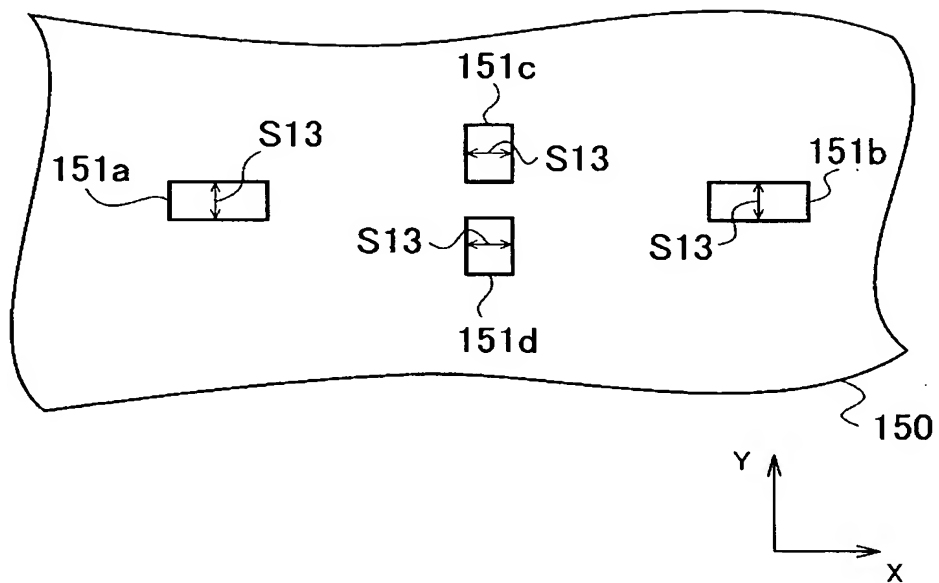
- 11: 第1遮光部
- 21: 第2遮光部
- 22a~22d: 窓部
- 16: 窓部
- 11a, 11b: 細線パターン
- 12a, 12b: 接続パターン
- 13a~13d: 正のOPCパターン
- 14a, 14b: 負のOPCパターン

【図 4】

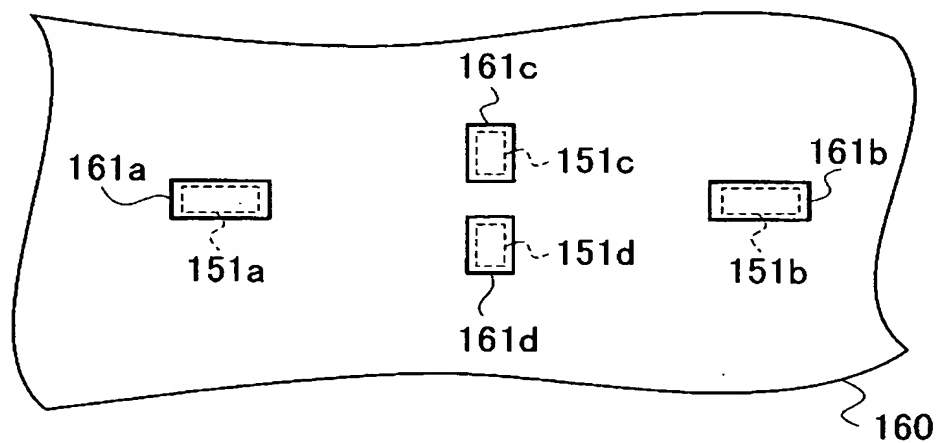


【図 5】

(a)

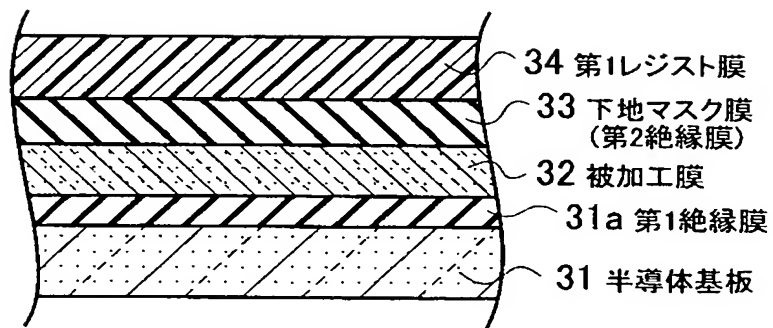


(b)

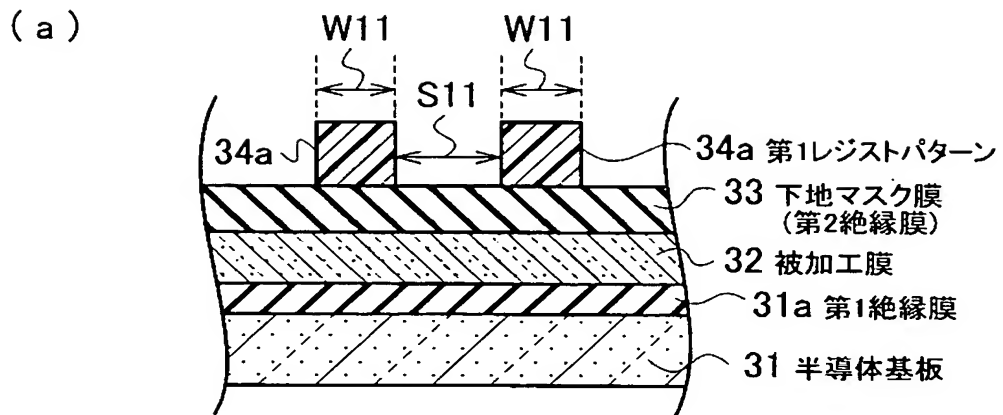


150: 第2マスク作成用データ
160: 第2マスクデータ
151a~151d: 窓部
161a~161d: 負のOPCパターン

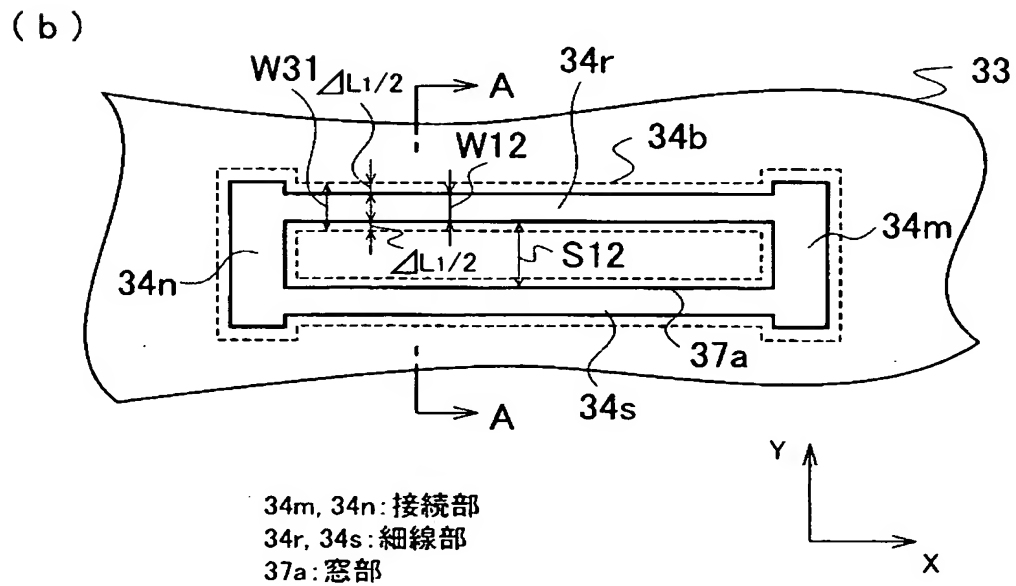
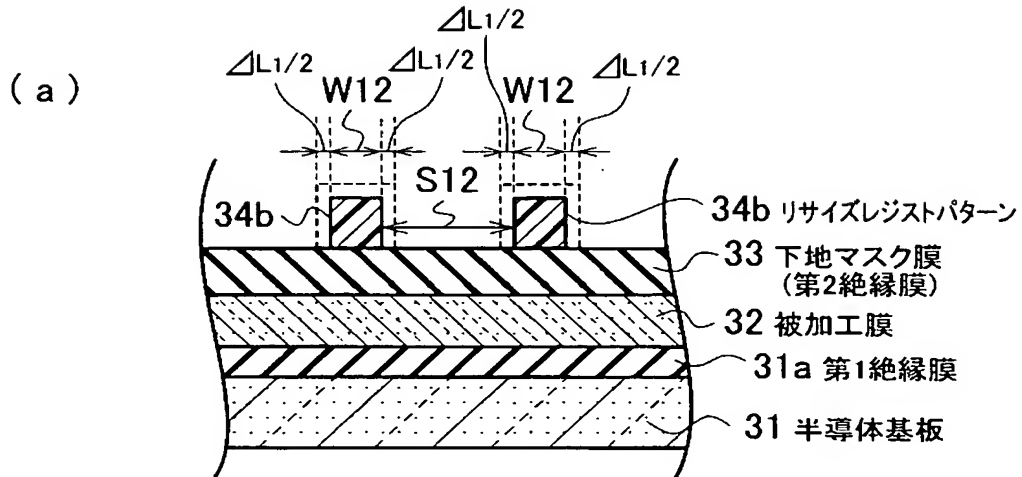
【図 6】



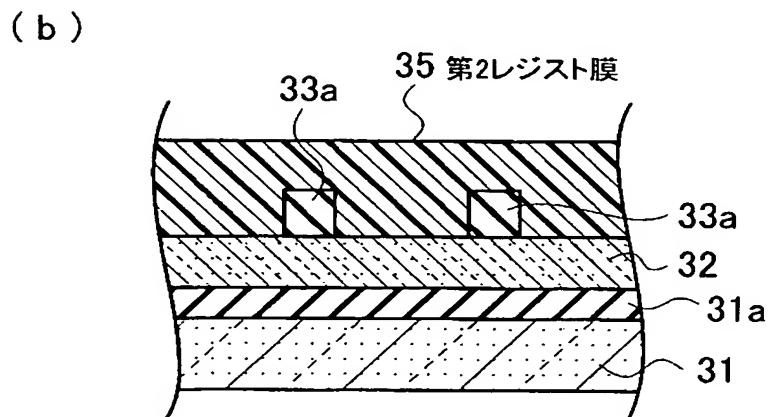
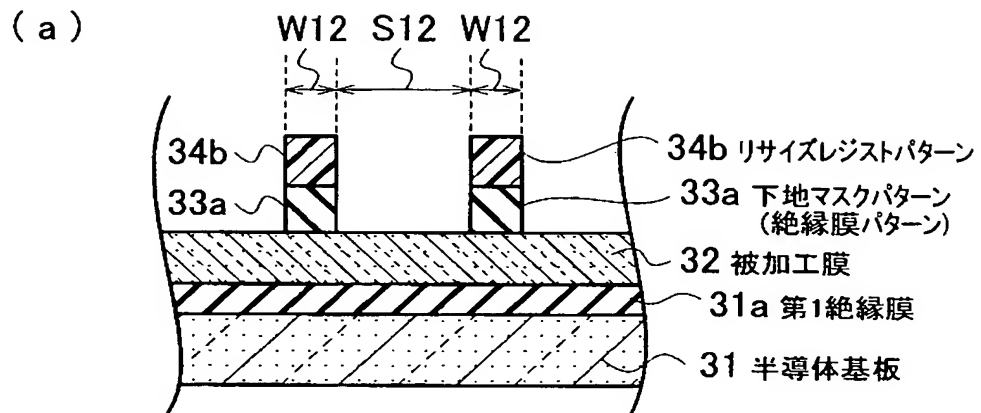
【圖 7】



【図 8】

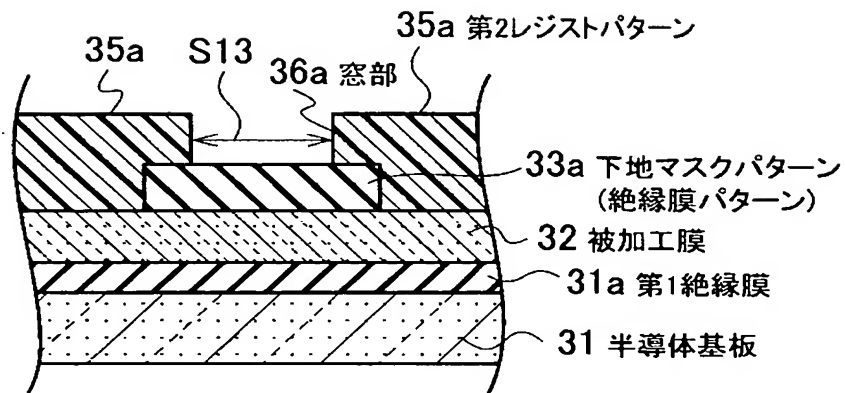


【図 9】

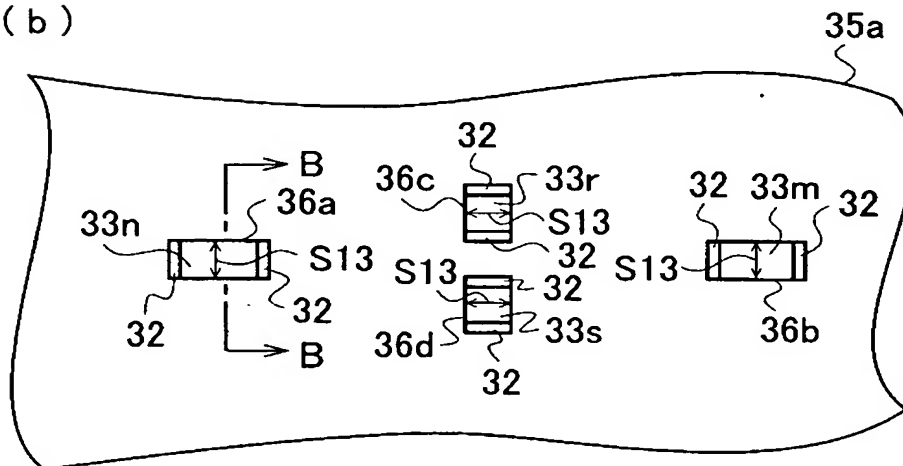


【図10】

(a)

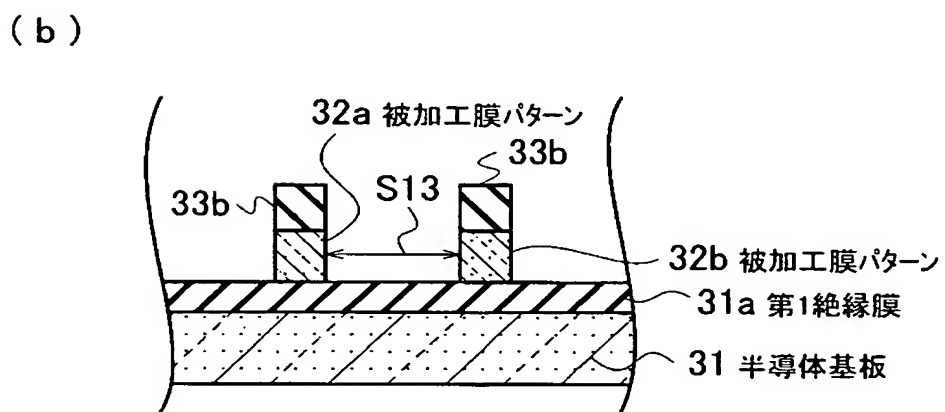
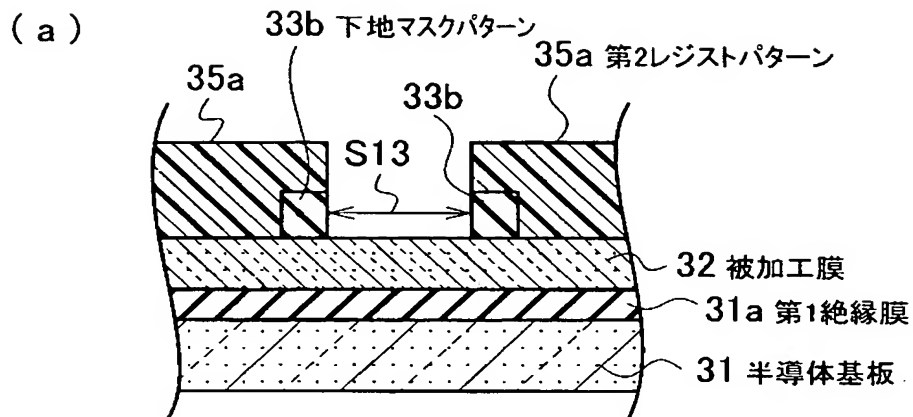


(b)



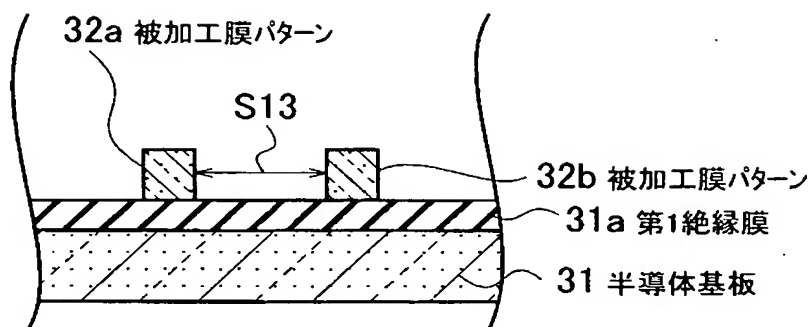
33m, 33n: 接続部
33r, 33s: 細線部
36a~36d: 窓部

【図 11】

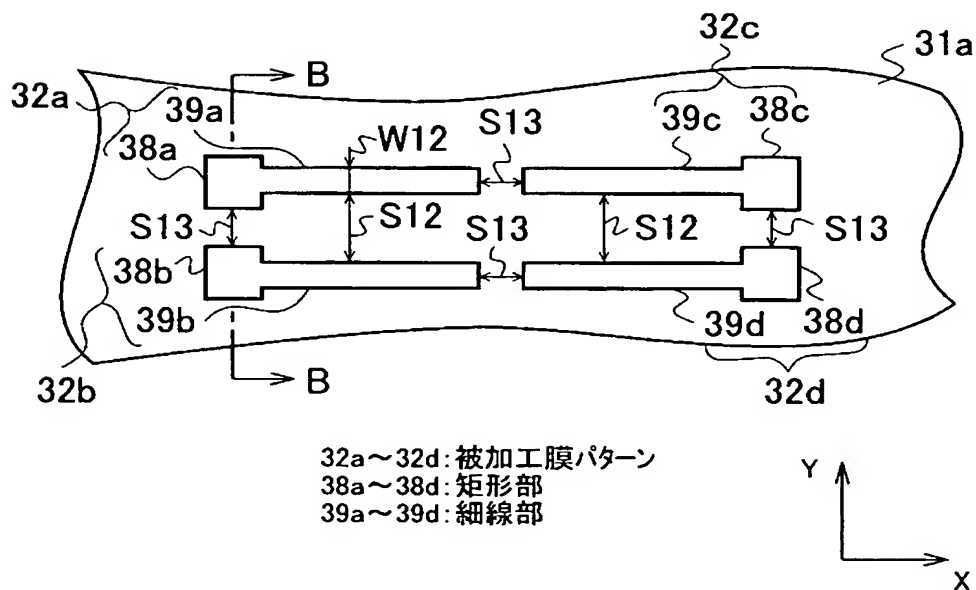


【図 12】

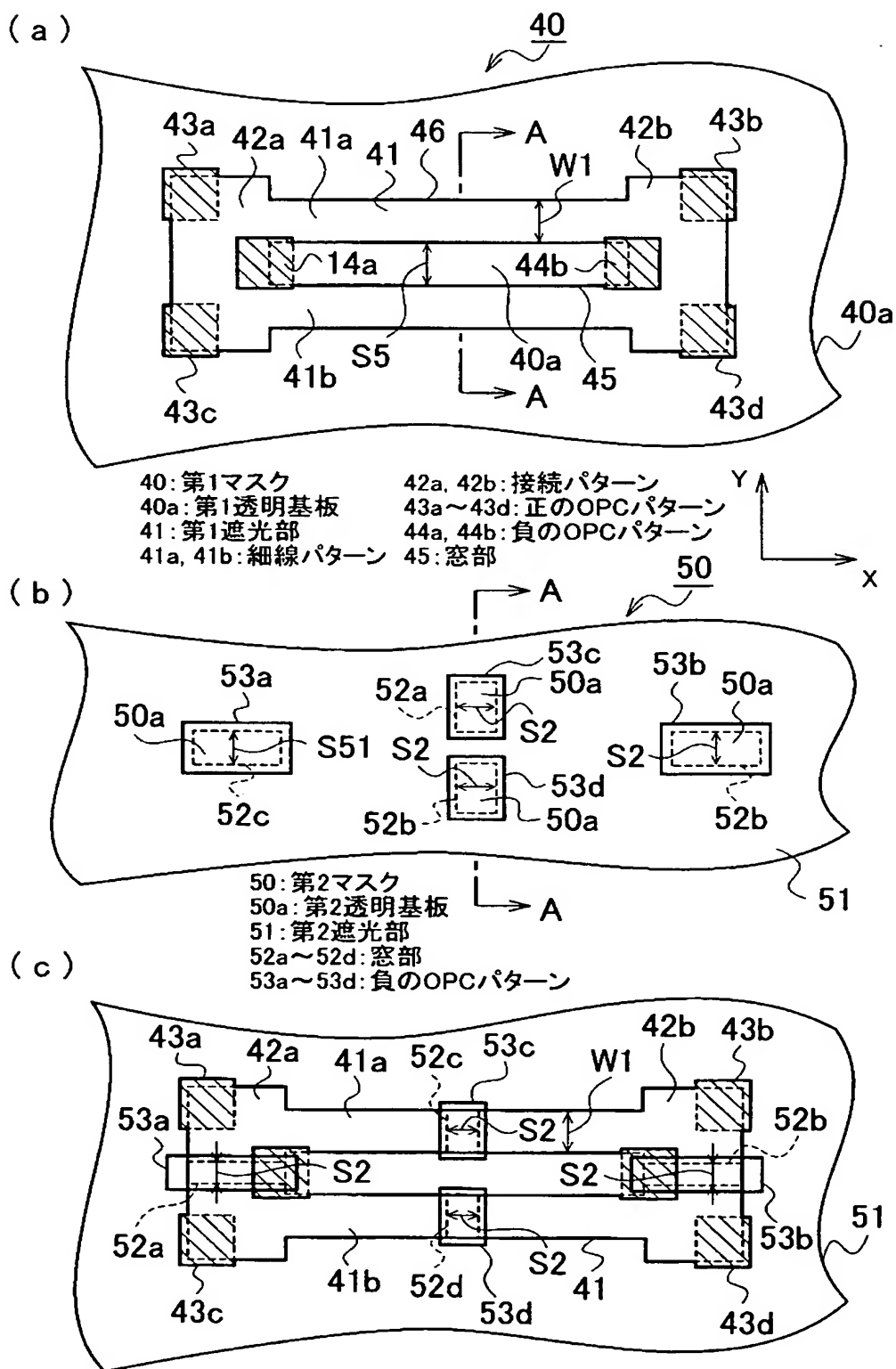
(a)



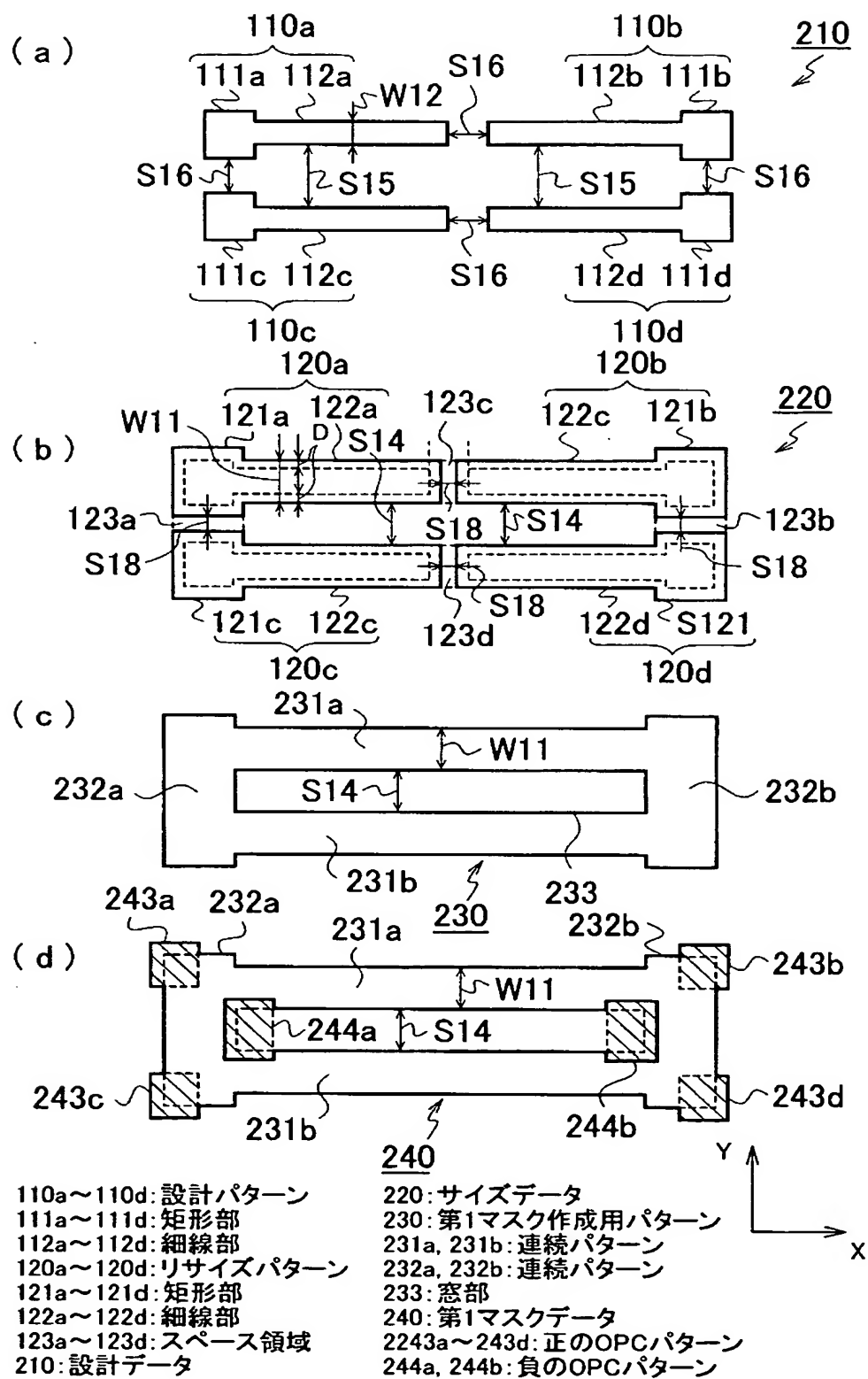
(b)



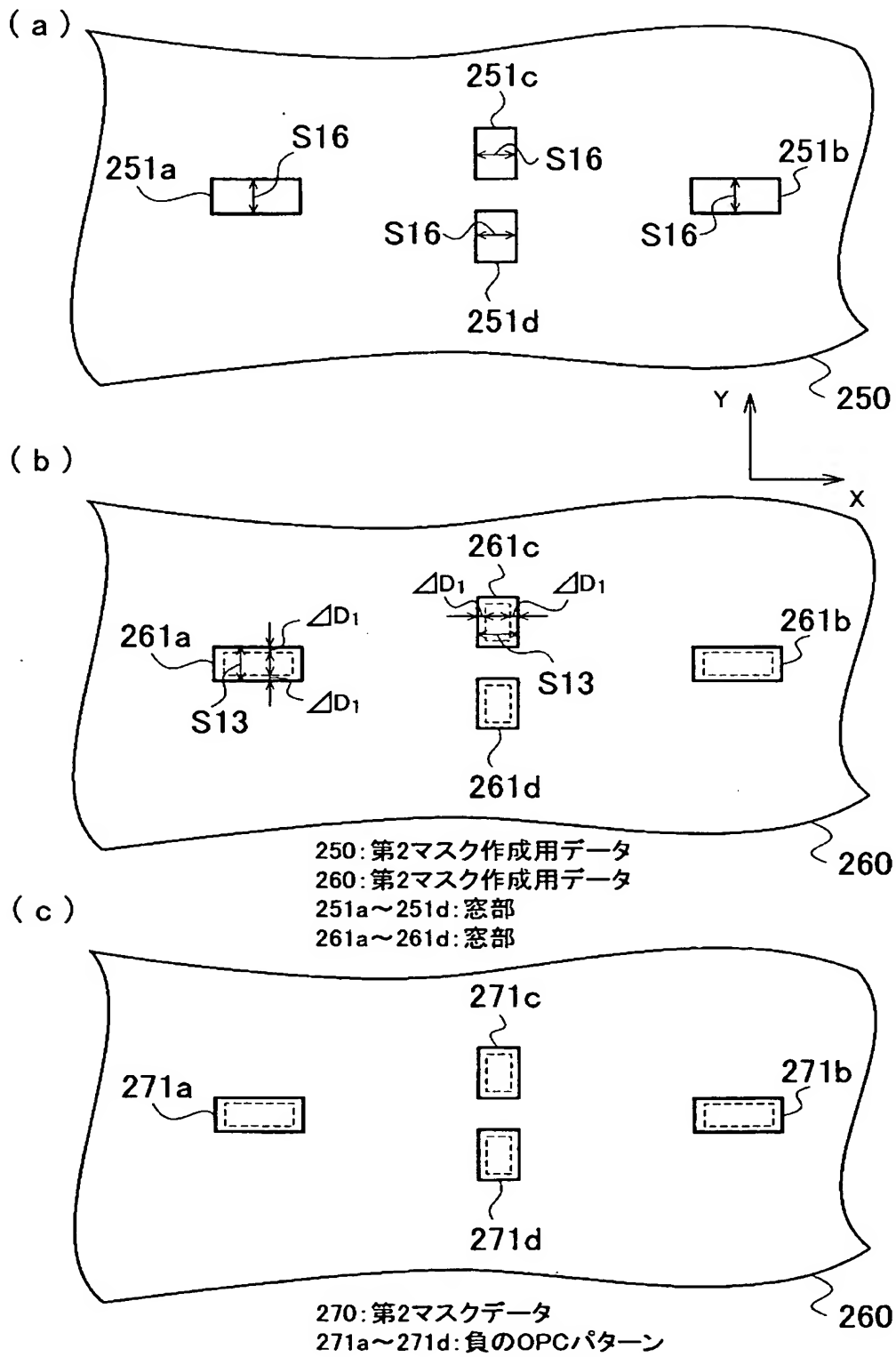
【図13】



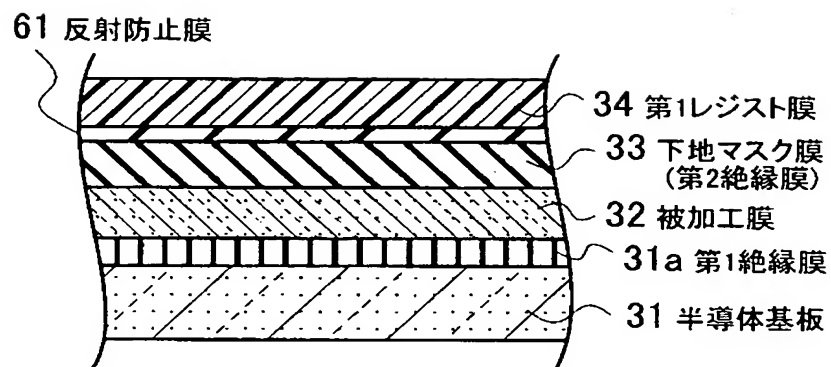
【図 14】



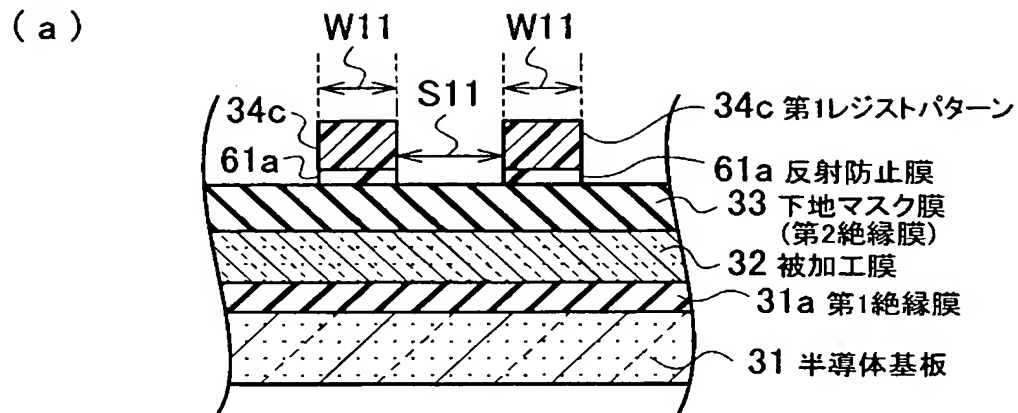
【図 15】



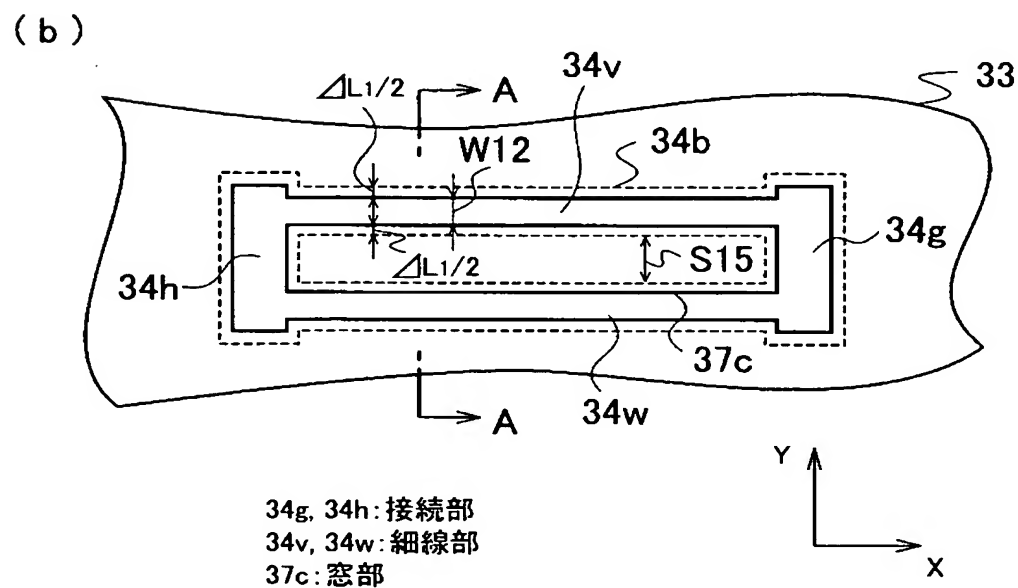
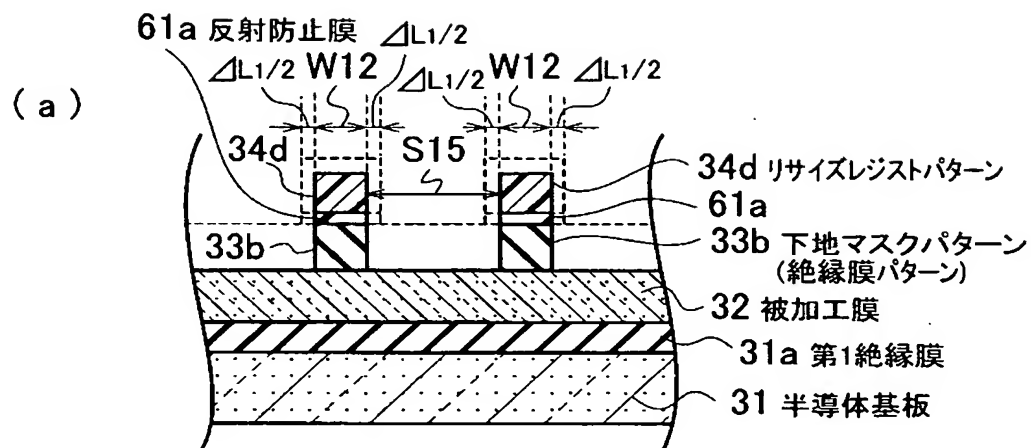
【図 16】



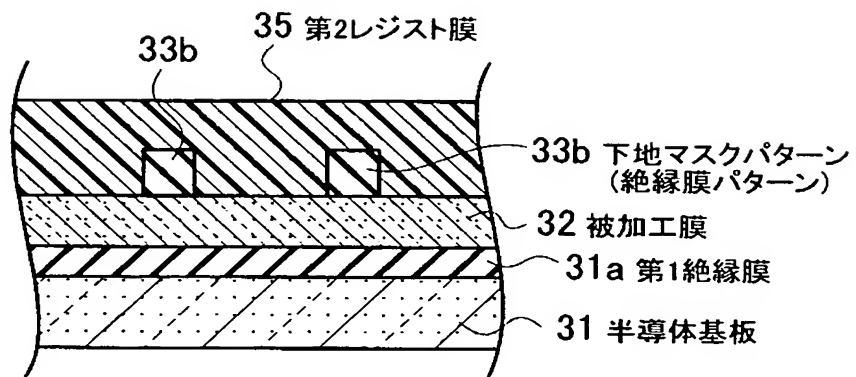
【図 17】



【図 18】

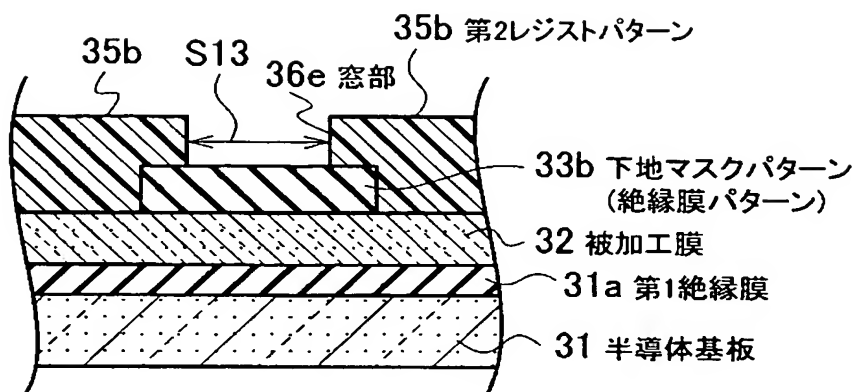


【図 19】

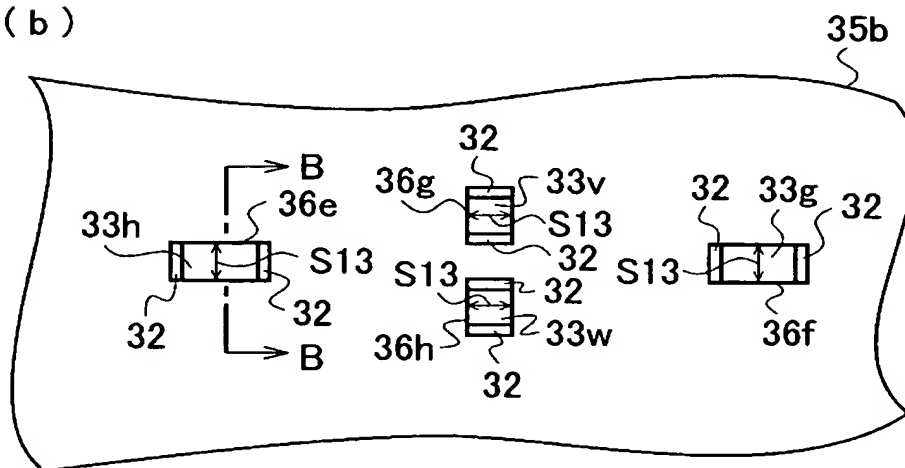


【図 20】

(a)

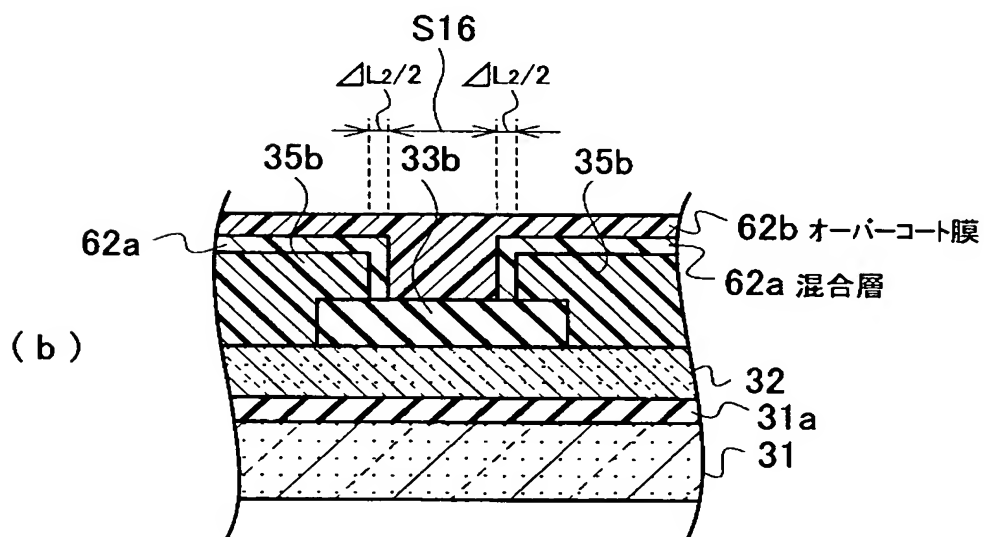
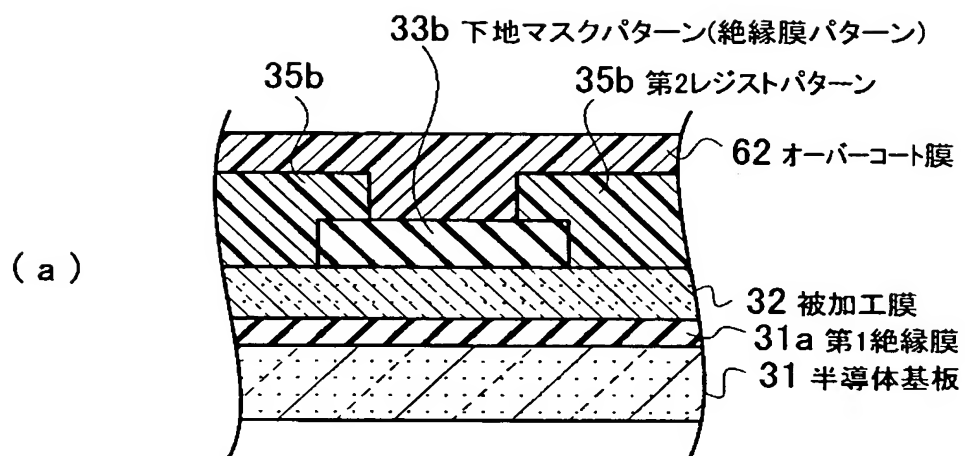


(b)

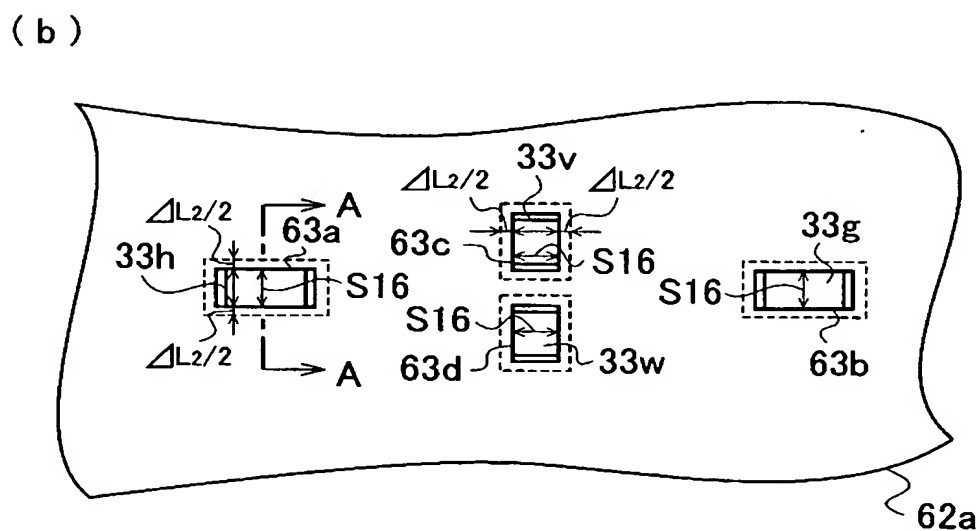
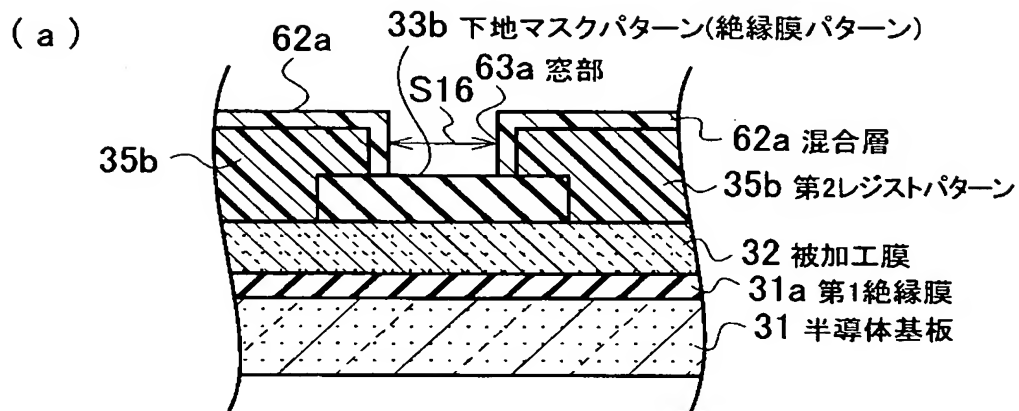


33g, 33h: 接続部
33v, 33w: 細線部
36e~36h: 窓部

【図 21】

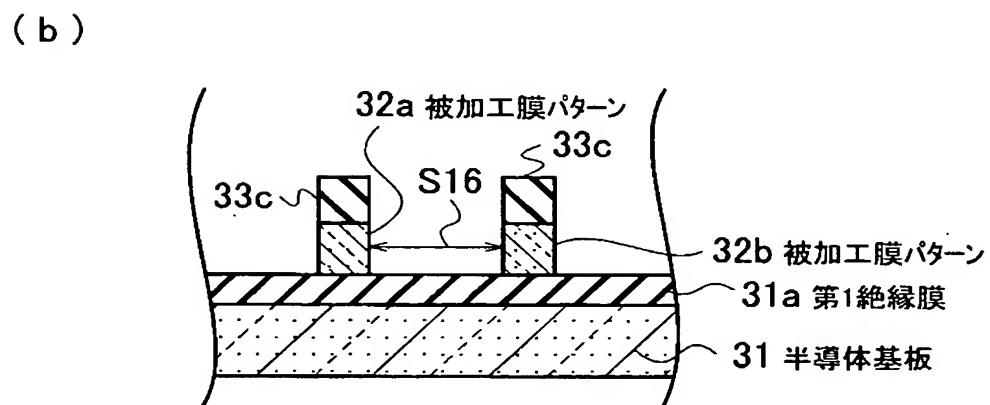
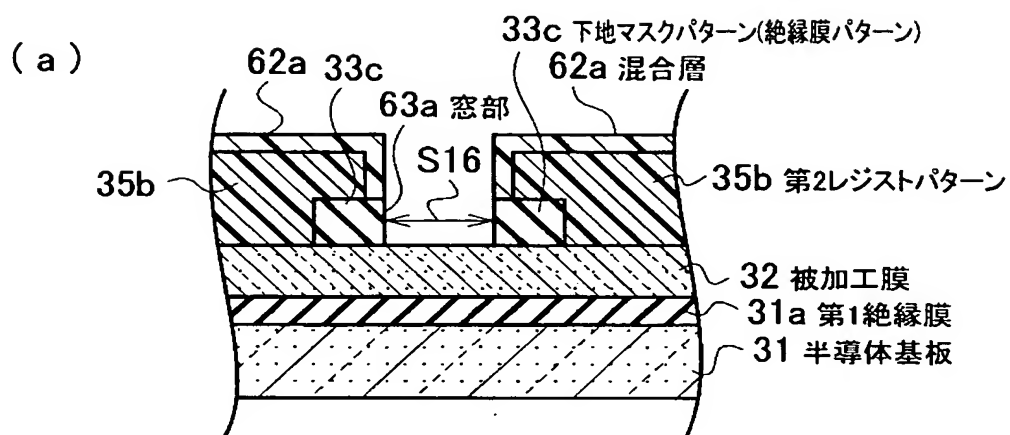


【図 22】



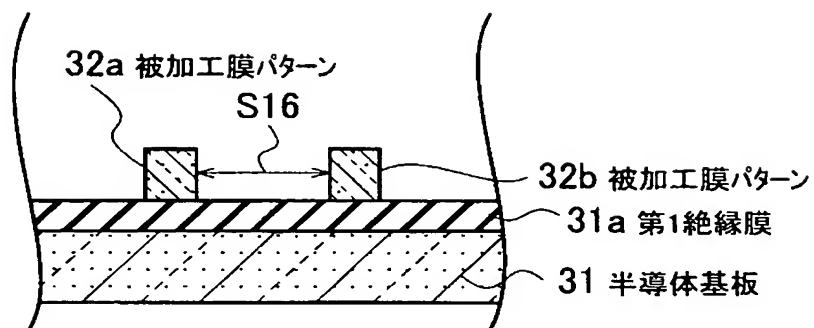
33g, 33h: 接続部
 33v, 33w: 細線部
 63a~63d: 窓部

【図 23】

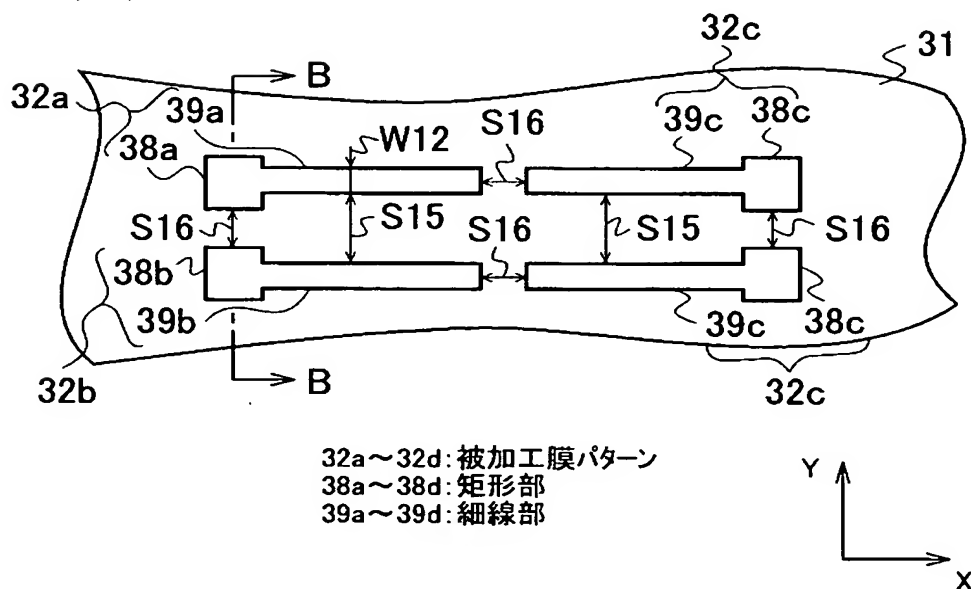


【圖 2 4】

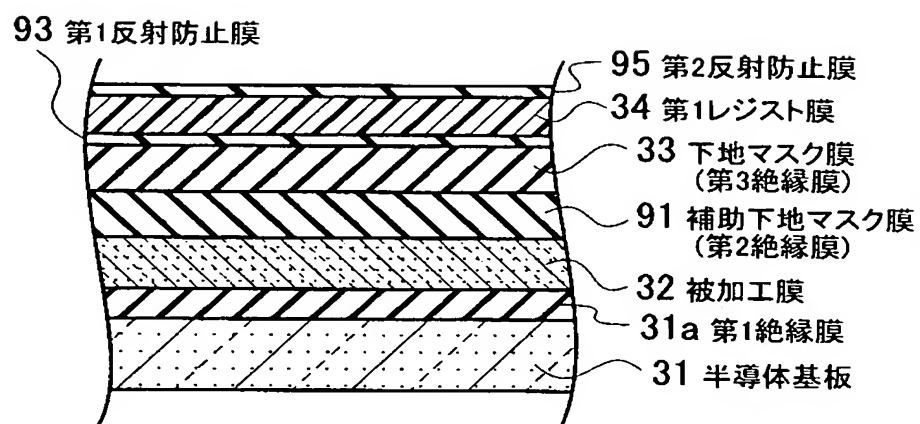
(a)



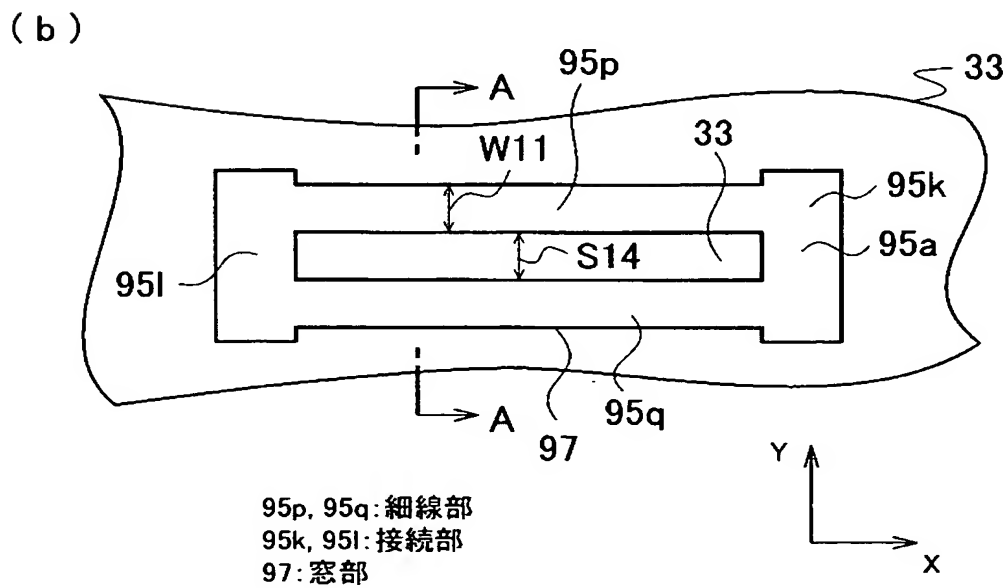
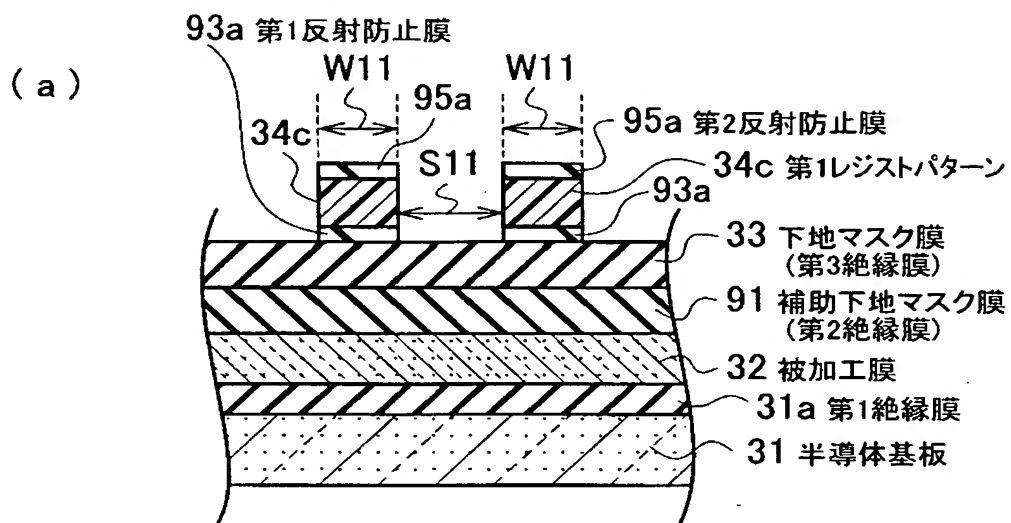
(b)



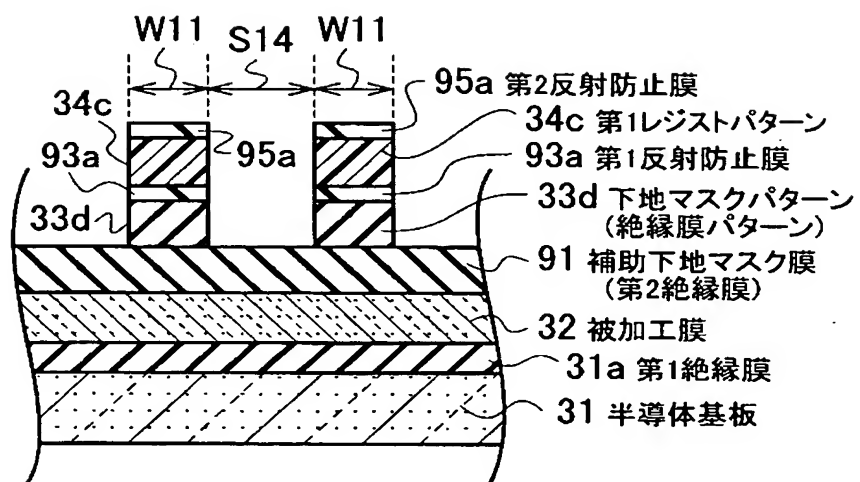
【図 25】



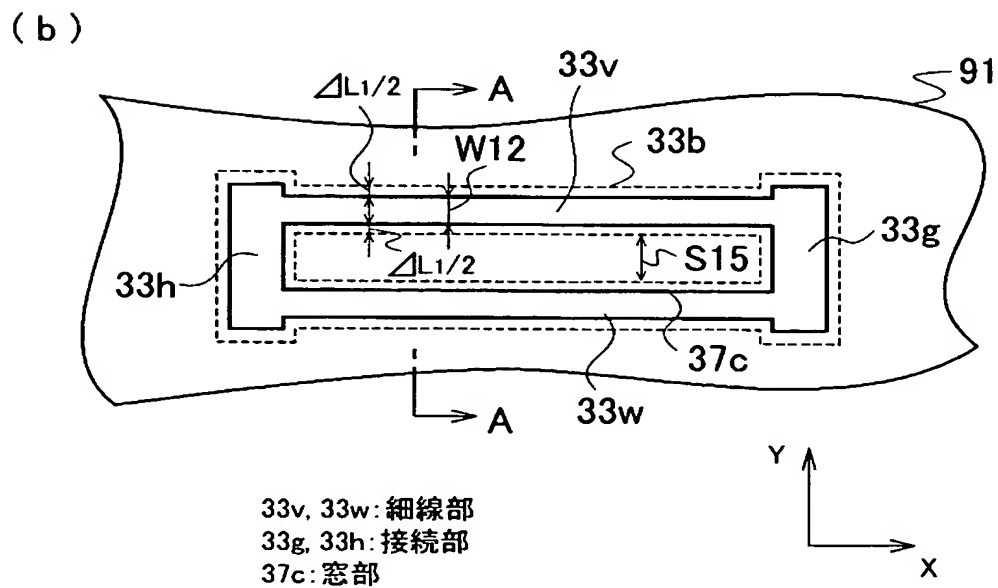
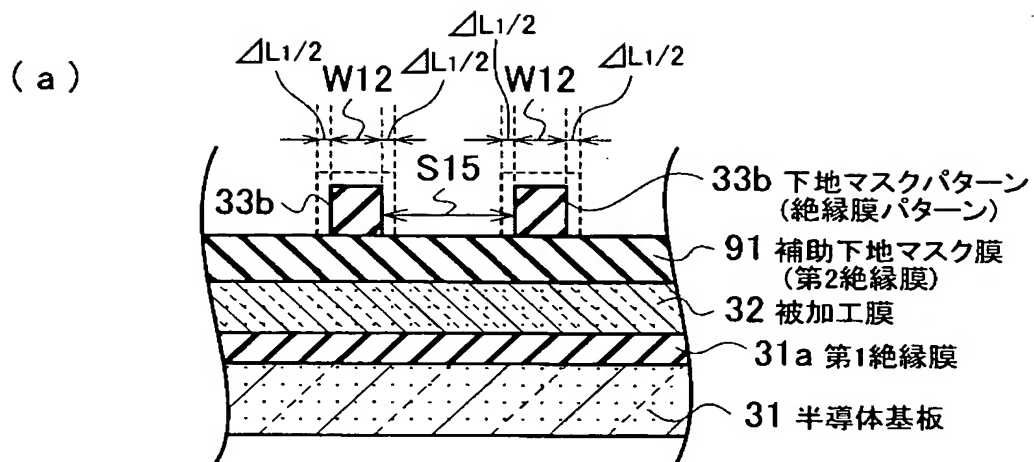
【図 26】



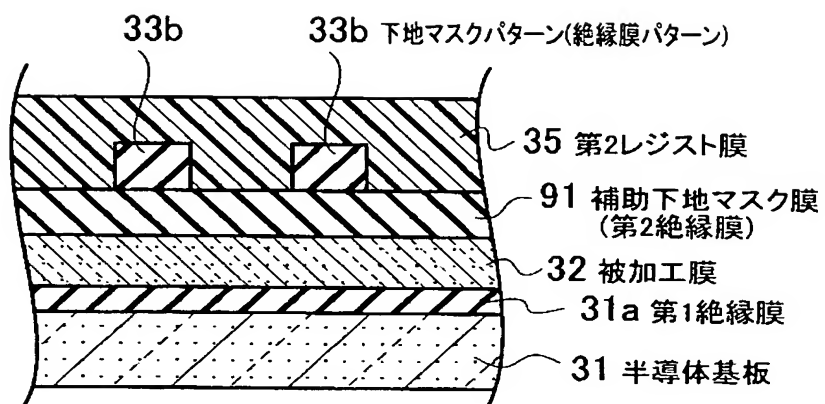
【図 27】



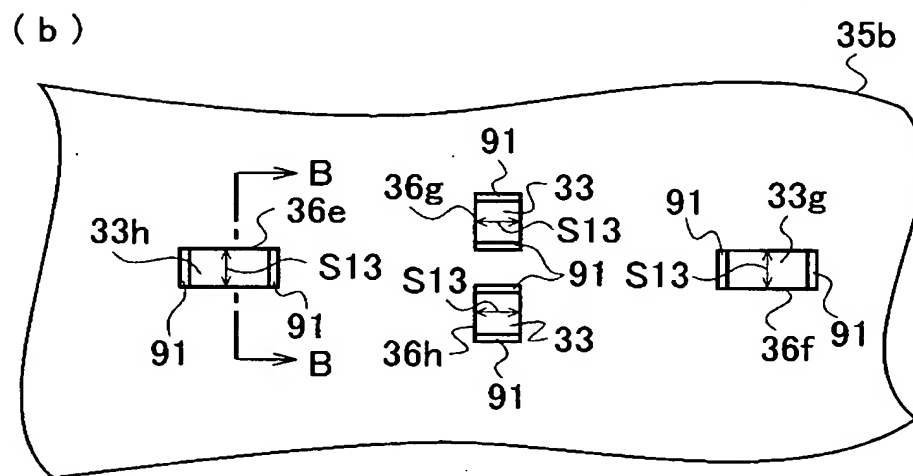
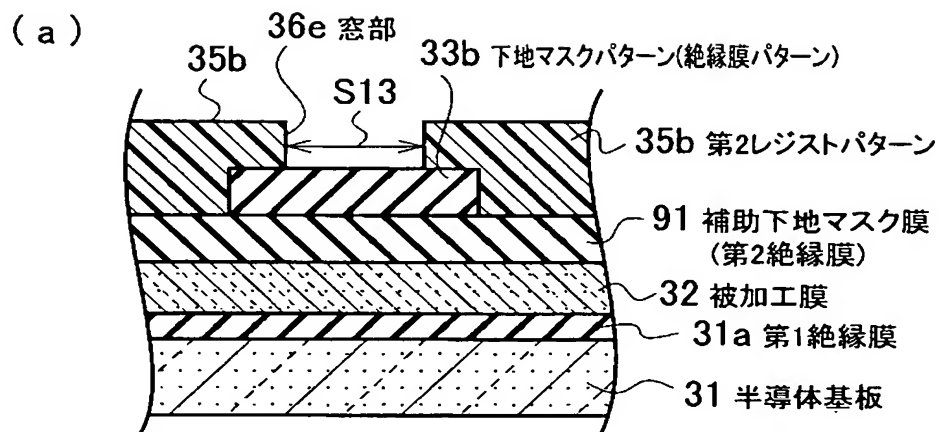
【図 28】



【図 29】



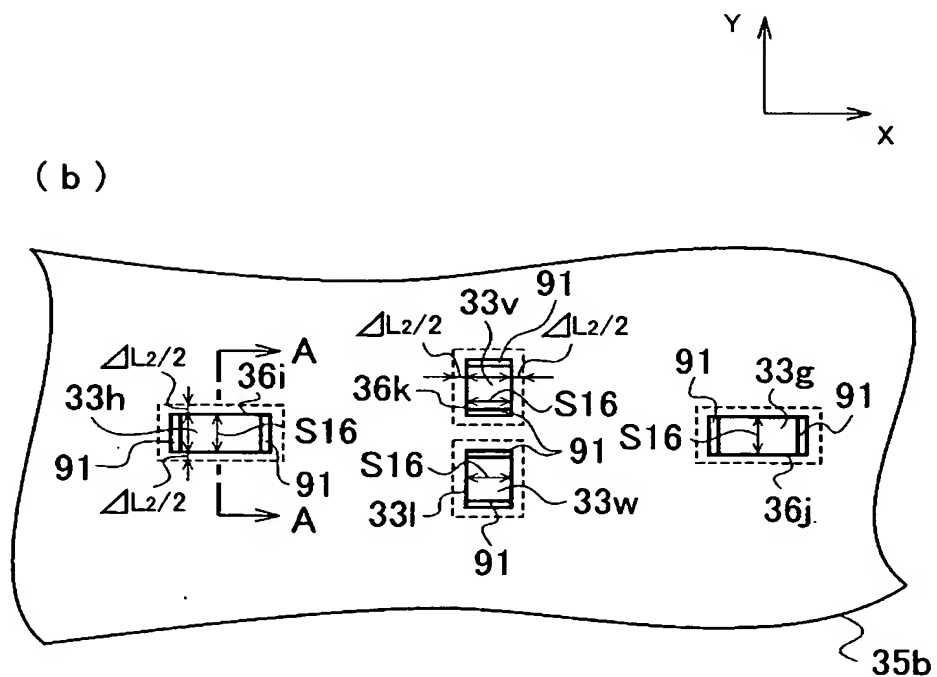
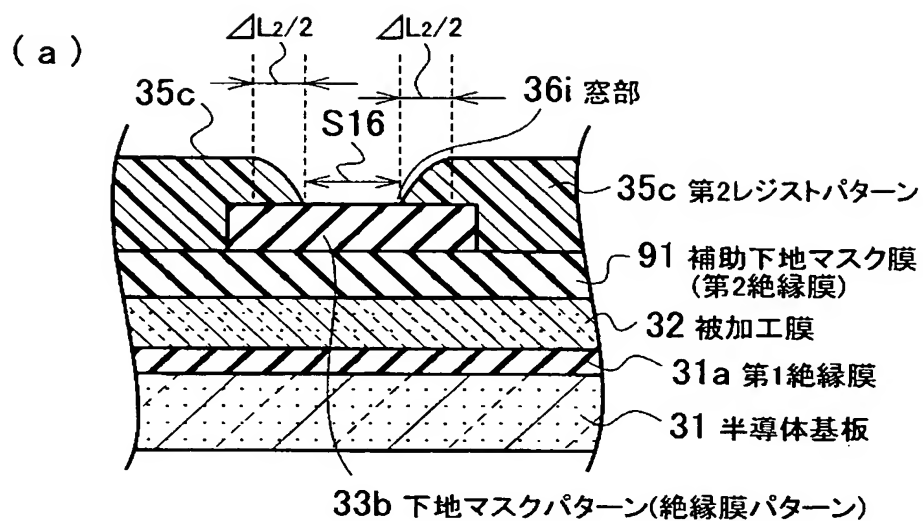
【図 30】



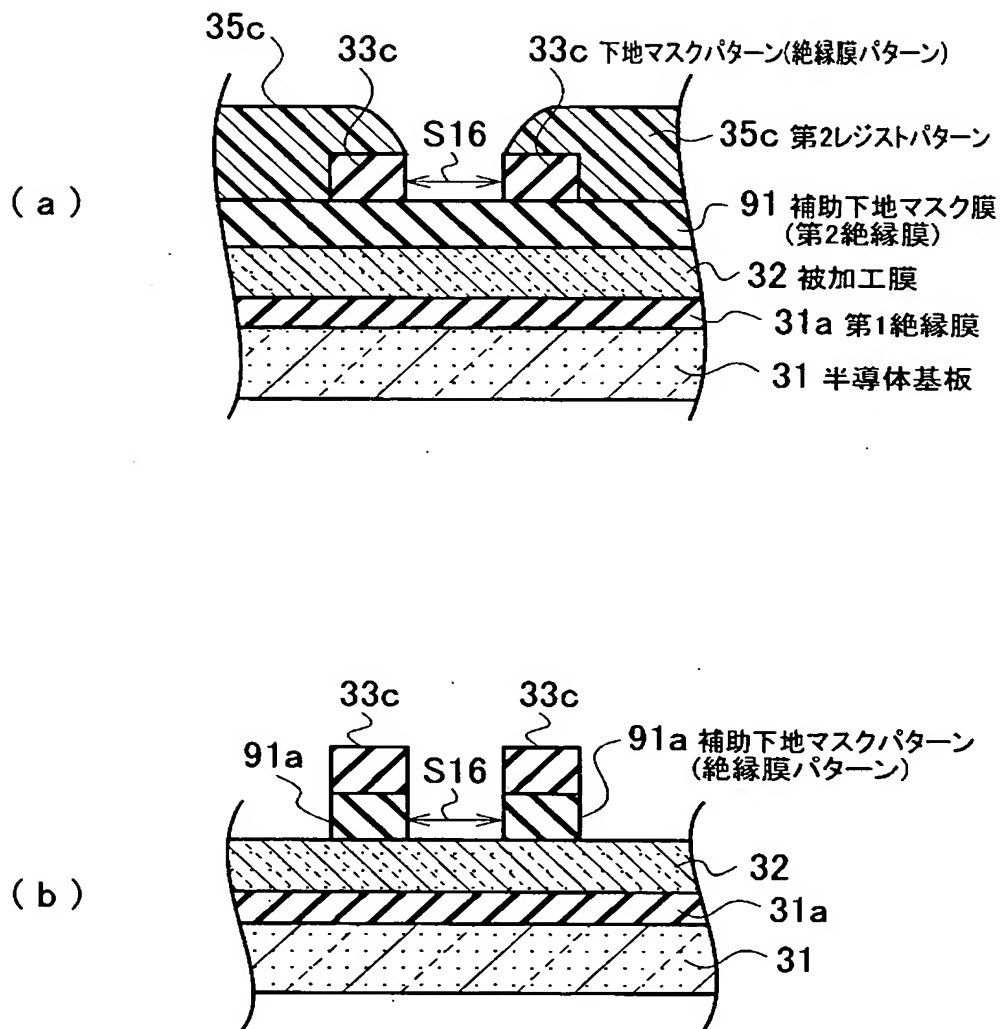
33g, 33h: 接続部
33v, 33w: 細線部
36a~36d: 開口



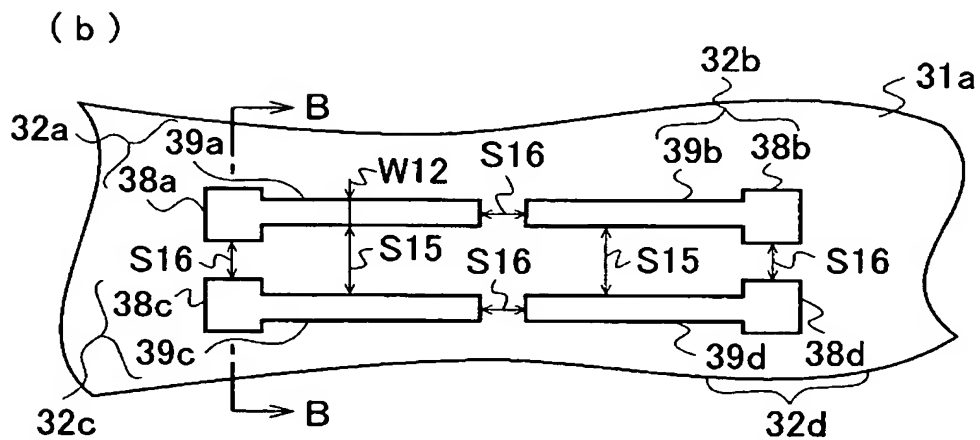
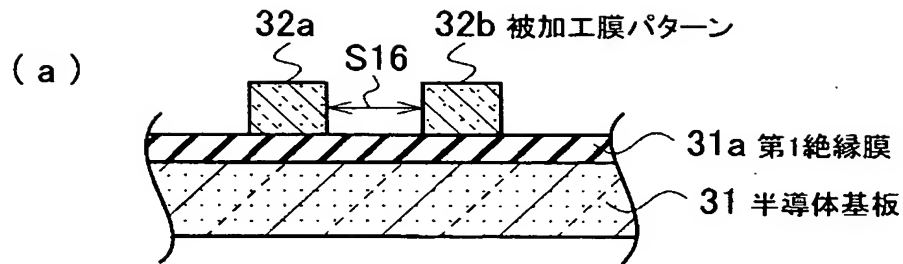
【図 31】



【図 32】



【図 33】



32a~32d: 被加工膜パターン
 38a~38d: 矩形部
 39a~39d: 細線部

【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 投影露光装置が光学的に解像可能な最小線幅よりも細い線幅と、投影露光装置が光学的に解像可能な最小スペース幅とを同時に備えたパターンを形成することができるマスクのセットを提供する。

【解決手段】 露光後のパターンの線幅を予め定められた量だけ細らせ、投影露光装置が光学的に解像可能な最小線幅より細い線幅の細線部を被露光用基板上に形成するためのマスクのセットであって、（イ）細線部を形成するための細線パターン 1 1 a, 1 1 b を備える第 1 マスク 1 0 と、（ロ）第 1 マスク 1 0 で形成されたパターンから不要な部分を除くための窓部を有する第 2 マスクとを含む。

【選択図】 図 1

特願 2 0 0 3 - 0 8 6 5 6 3

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [0 0 0 0 0 3 0 7 8]

1. 変更年月日	2 0 0 1 年 7 月 2 日
[変更理由]	住所変更
住 所	東京都港区芝浦一丁目 1 番 1 号
氏 名	株式会社東芝